

• Endang Sri Lestari • Idun Kistinnah



BIOLOGI

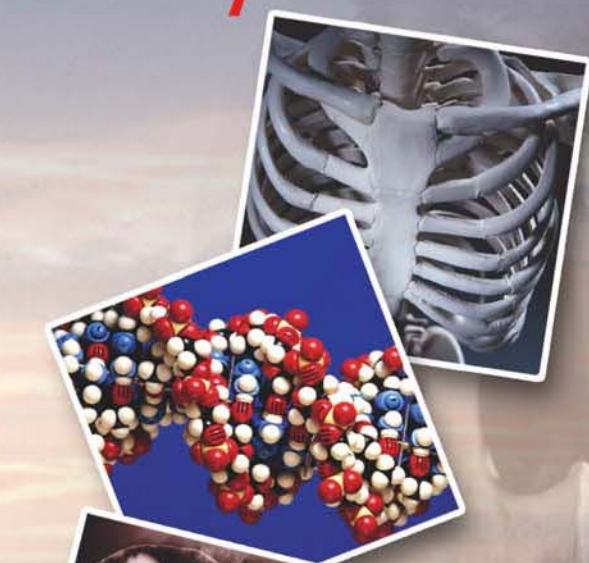
Makhluk Hidup dan Lingkungannya

SMA/MA

SMA/MA
untuk Kelas XI

BIOLOGI
Makhluk Hidup dan Lingkungannya

• Endang Sri Lestari
• Idun Kistinnah



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Untuk Kelas

XI

**Endang Sri Lestari
Idun Kistinnah**

BIOLOGI 2

Makhluk Hidup dan Lingkungannya

Untuk SMA/MA Kelas XI



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

BIOLOGI 2

Makhluk Hidup dan Lingkungannya Untuk SMA/MA Kelas XI

Endang Sri Lestari
Idun Kistinnah

Editor Materi	:	Santi Ariandi
Editor Bahasa	:	Sri Iswanti Mutmainah
Tata Letak	:	Rina Ernawati
Design Cover	:	Marwanto
		Adopted by: Encarta 2006
Ilustrator	:	Bayu, Haryana, Cahyo, Hary

574.07

End Endang Sri Lestari

b

Biologi 2 : Makhluk Hidup dan Lingkungannya Untuk SMA/MA
Kelas XI / Endang Sri Lestari, Idun Kistinnah ; Editor Santi Ariandi, Sri
Iswanti Mutmainah ; Ilustrator Bayu, Haryana, Cahyo, Hary. —
Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vii, 382 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 368

Indeks

ISBN 978-979-068-129-3 (no jld lengkap)

ISBN 978-979-068-133-0

1. Biologi-Studi dan Pengajaran 2. Kistinnah, Idun
3. Ariandi, Santi 4. Mutmainah, Sri Iswanti 5. Bayu 6. Haryana
7. Cahyo 8. Hary 9. Judul

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan
Nasional dari CV Putra Nugraha

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

Diperbanyak oleh

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Februari 2009

Kepala Pusat Perbukuan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena akhirnya kami bisa menyelesaikan penulisan buku Biologi SMA dan MA ini. Bagi Anda pelajar SMA dan MA, buku ini akan membimbing Anda dalam mempelajari konsep Biologi secara mudah dan menyenangkan.

Buku ini kami sajikan dengan pendekatan *konstruktivisme, inquiry, questioning, learning community, modeling, reflection*, dan *evaluasi komprehensif*. Dengan pendekatan ini, diharapkan Anda akan terlibat aktif dalam mengenal, menganalisis, dan menyimpulkan konsep Biologi.

Tujuan pembelajaran Biologi adalah mengembangkan daya nalar untuk memecahkan konsep-konsep Biologi dikaitkan dengan fakta-fakta yang ada di lingkungan sekitar. Untuk mencapai tujuan itu kami uraikan materi yang disertai **Tugas**, baik individu maupun kelompok, **Kegiatan Kelompok**, baik eksperimen dan noneksperimen. Sebagai evaluasi untuk mengukur daya serap Anda terhadap materi, kami sajikan **Latihan dan Ulangan Blok** untuk melatih kemampuan kognitif dan **Uji Kompetensi** yang memuat tiga aspek evaluasi, yaitu kognitif, psikomotorik, dan afektif.

Dengan pola buku seperti yang kami sajikan tersebut, kami berharap semoga buku ini bermanfaat, baik bagi siswa maupun guru dalam proses belajar mengajar Biologi di tingkat SMA dan MA.

Penulis

PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU

Untuk menggunakan buku ini sebagai panduan belajar, perhatikan petunjuk-petunjuk berikut!

1. Pelajari dan pahami teori-teori dan konsep-konsep Biologi dalam uraian materi dengan menggunakan *metode inquiry* dan pola masyarakat belajar yang dikembangkan dalam buku ini.
2. Untuk mengembangkan kemampuan psikomotorik, lakukan **Kegiatan Kelompok** melalui kegiatan eksperimen, baik di dalam laboratorium maupun di luar laboratorium.
3. Kerjakan **Tugas Individu** dan **Tugas Kelompok** untuk mengembangkan kemampuan personal maupun sosial.
4. Soal-soal **Latihan** dapat digunakan untuk melatih kemampuan kognitif dari materi yang ada dalam setiap bab.
5. Kerjakan soal-soal yang ada dalam **Uji Kompetensi** yang mencakup tiga ranah evaluasi, yaitu kognitif, psikomotor, dan afektif.

A PENGERTIAN SEL

Ketika belajar di SMP/MTs, Anda pernah mempelajari sel sebagai penyusun tubuh tumbuhan. Coba ingat-ingat kembali pengertian tentang sel! Sel-sel apa sajakah yang menyusun tumbuhan dan apakah fungsi masing-masing sel itu? Pada bab ini Anda akan mempelajari lagi secara mendetail tentang sel.

KEGIATAN KELOMPOK 1

Tujuan : Mengamati struktur sel hewan

Alat dan Bahan : 1. Preparat awetan sel hewan
2. Mikroskop

Cara Kerja :

1. Ambillah preparat awetan sel hewan.
2. Amatilah di bawah mikroskop dengan perbesaran kecil terlebih dahulu, kemudian dengan perbesaran besar.
3. Gambarlah sel hewan yang tampak dari hasil pengamatan Anda dan berilah keterangan masing-masing bagian itu pada buku tugas Anda. Kemudian presentasikan di depan kelas!

TUGAS INDIVIDU

Kerjakan tugas berikut!

1. Berikan penjelasan mengenai organ-organ yang banyak terdapat badan golgi!

TUGAS KELOMPOK

Dari kegiatan yang Anda lakukan di atas, Anda telah mendapatkan perbedaan antara sel hewan dan tumbuhan. Coba sebutkan perbedaan tersebut dan presentasikan hasilnya di depan kelas!

LATIHAN

I. Pilihlah jawaban yang benar!

1. Organela sel yang ada pada sel hewan, tetapi tidak ada pada sel tumbuhan adalah
 - a. nukleus
 - b. ribosom
 - c. retikulum endoplasma
 - d. lisosom
 - e. mitokondria

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Sebutkan organ-organ yang banyak terdapat pada:
 - a. ribosom
 - b. badan golgi
 - c. lisosom

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU	v
DAFTAR ISI	vi
BAB 1 SEL	1
A. Pengertian Sel	3
B. Beberapa Teori Mengenai Sel	4
C. Struktur dan Peranan Bagian-Bagian Sel	5
D. Struktur Sel Tumbuhan dan Hewan	16
E. Mekanisme Transpor Zat Melalui Membran	19
UJI KOMPETENSI	30
BAB 2 JARINGAN TUMBUHAN DAN HEWAN	31
A. Jaringan Tumbuhan	33
B. Organ Tumbuhan	56
C. Kultur Jaringan	67
D. Jaringan Hewan	69
E. Organ	80
F. Sistem Organ	81
UJI KOMPETENSI	88
BAB 3 SISTEM GERAK MANUSIA	89
A. Letak dan Fungsi Rangka	91
B. Macam-Macam Tulang dan Stukturnya	93
C. Sistem Rangka Manusia	96
D. Perkembangan Tulang	103
E. Hubungan Antartulang	105
F. Kelainan Tulang	108
G. Otot	112
H. Jenis-Jenis Otot dan Karakteristiknya	115
I. Mekanisme Kerja Otot	118
J. Kelainan pada Otot	120
UJI KOMPETENSI	126
BAB 4 SISTEM PEREDARAN DARAH	127
A. Darah Manusia	129
B. Golongan Darah Manusia	138
C. Transfusi Darah	142
D. Alat-Alat Peredaran Darah	144
E. Macam-Macam Peredaran Darah	151
F. Peredaran Getah Bening (Limfa)	151
G. Gangguan/Kelainan pada Sistem Peredaran Darah	153
H. Peredaran Darah pada Hewan	156
I. Sistem Imunitas Tubuh	160

UJI KOMPETENSI	174
ULANGAN BLOK 1	175
BAB 5 SISTEM PENCERNAAN	177
A. Sistem Pencernaan Manusia	179
B. Zat Makanan	198
C. Gangguan pada Sistem Pencernaan	216
E. Sistem Pencernaan pada Ruminansia	217
UJI KOMPETENSI	224
BAB 6 SISTEM PERNAPASAN	225
A. Respirasi pada Manusia	227
B. Struktur dan Fungsi Pernapasan Manusia	230
C. Proses Pernapasan Manusia	235
D. Mekanisme Pernapasan	237
E. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Frekuensi Pernapasan	240
F. Volume Udara Pernapasan	242
G. Proses Pertukaran Oksigen dan Karbondioksida	245
H. Pernapasan Buatan	247
I. Kelainan-Kelainan pada Sistem Pernapasan	248
J. Sistem Pernapasan Pada Hewan Tertentu/Burung	251
UJI KOMPETENSI	256
BAB 7 SISTEM EKSKRESI	257
A. Sistem Ekskresi pada Manusia	259
B. Sistem Ekskresi pada Ikan	278
C. Sistem Ekskresi pada Serangga (Belalang)	279
UJI KOMPETENSI	284
BAB 8 SISTEM KOORDINASI DAN ALAT INDRA MANUSIA	285
A. Sistem Saraf Manusia	287
B. Gerak Refleks	303
C. Obat-Obatan Psikotropika	306
D. Kelainan Fungsi Saraf	307
E. Sistem Endokrin	307
F. Alat Indra	314
UJI KOMPETENSI	332
BAB 9 SISTEM REPRODUKSI	333
A. Reproduksi pada Laki-Laki	335
B. Reproduksi pada Wanita	342
C. Kelainan yang Terjadi pada Organ Reproduksi	357
UJI KOMPETENSI	363
ULANGAN BLOK 2	364
KUNCI JAWABAN	367
DAFTAR PUSTAKA	368
DAFTAR GAMBAR DAN TABEL	369
GLOSARIUM	374
INDEKS SUBJEK DAN PENGARANG	379

BAB 1 SEL

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari tentang sel sebagai unit terkecil kehidupan. Dengan mempelajari materi ini, diharapkan Anda dapat mengetahui struktur dan fungsi sel sehingga dapat mengkaitkannya dengan proses-proses yang terjadi di dalam tubuh.



Sumber: Foto Haryana

Gambar 1.1 Tubuh Manusia

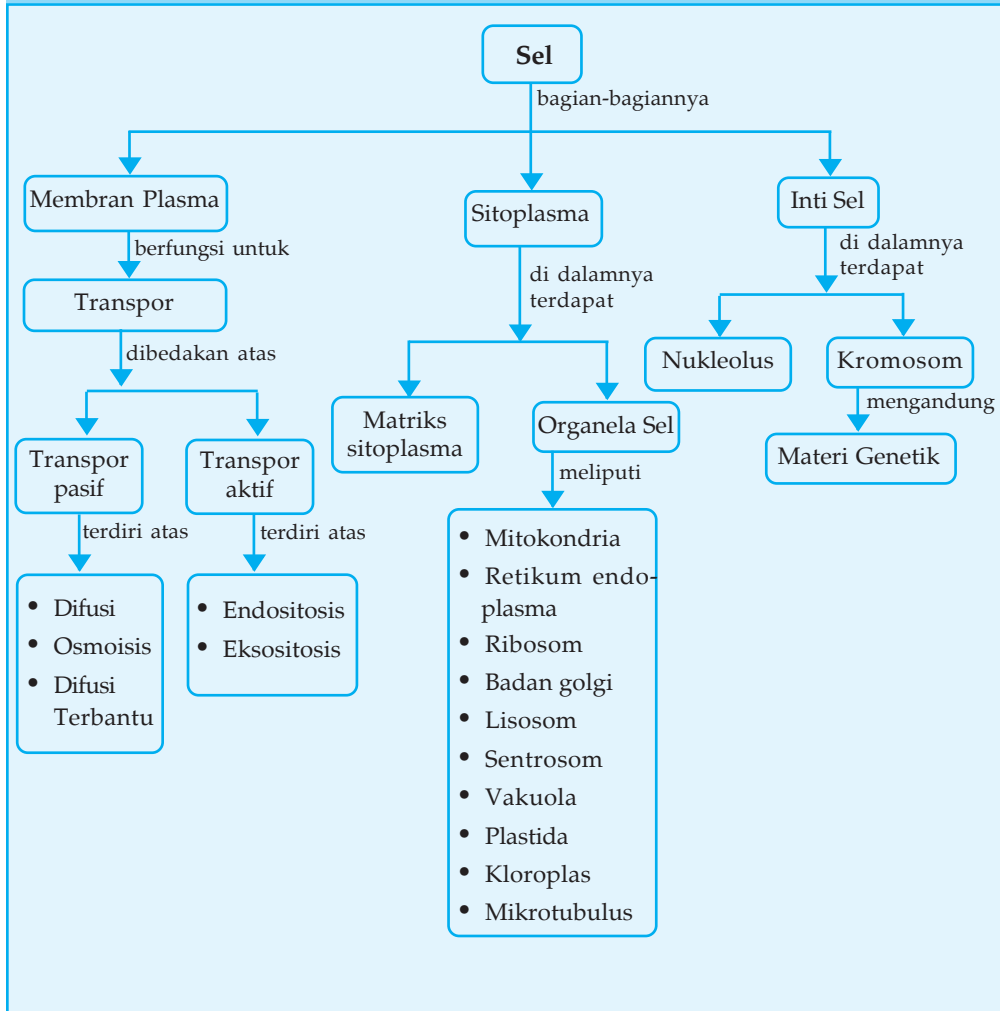
Kata Kunci

- sel
- dinding sel
- plasma
- mitokondria
- retikulum endoplasma
- ribosom
- badan golgi
- lisosom
- sentrosom
- nukleus
- vakuola
- plastida
- kloroplas
- difusi
- osmosis
- transpor aktif
- endositosis

Pernahkah Anda sekali waktu mencermati tubuh Anda sendiri? Apabila kita amati tubuh manusia seperti terlihat pada Gambar 1.1, maka kita akan mendapatkan bagian-bagian dari tubuh manusia, antara lain kulit, mata, telinga, dan sebagainya. Tubuh manusia memiliki permukaan kulit yang peka terhadap rangsang, sehingga bila kulit tersentuh, maka akan bisa merasakan rangsang berupa sentuhan tadi. Kemudian sebelah dalam lagi ada darah yang tidak terlihat dengan mata telanjang.

Apabila kita mengamati bagian tubuh, misalnya kulit didapatkan bagian yang lebih kecil, misalnya jaringan yang paling luar adalah jaringan epitel. Jaringan epitel tersusun dari bagian yang lebih kecil yaitu sel-sel epitel.

PETA KONSEP



A PENGERTIAN SEL

Ketika belajar di SMP/MTs, Anda pernah mempelajari sel sebagai penyusun tubuh tumbuhan. Coba ingat-ingat kembali pengertian tentang sel! Sel-sel apa sajakah yang menyusun tumbuhan dan apakah fungsi masing-masing sel itu? Pada bab ini Anda akan mempelajari lagi secara mendetail tentang sel.

Jika dilihat sekilas di bawah mikroskop, tampak bentuk sel itu kaku dan seperti benda mati. Akan tetapi ternyata setelah diselidiki lebih lanjut, di dalam sel terjadi segala proses kegiatan, bahkan sebenarnya segala kegiatan kita sehari-hari itu terjadi pada tingkat sel. Ini dapat digambarkan dengan kegiatan kita sehari-hari, misalnya ketika kita melakukan aktivitas membaca buku. Sel-sel apa sajakah yang bekerja saat kita melakukan aktivitas itu? Sel-sel tubuh yang bekerja antara lain sel otot. Dengan adanya sel otot, maka tangan kita bisa memegang buku. Selain itu, sel batang dan kerucut mata juga bekerja menerima bayangan tulisan atau gambar. Setelah itu, sel otak akan menerjemahkan sehingga menghasilkan suatu pengertian.

Berdasarkan gambaran tersebut dapat kita ketahui bahwa sel itu hidup dan saling bekerja sama satu dengan yang lain untuk melakukan fungsi hidup.

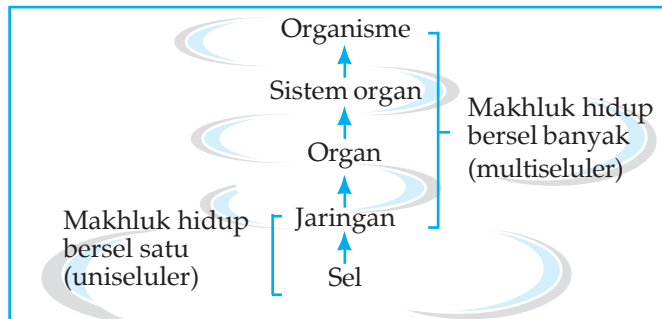
Fakta tersebut menunjukkan bahwa tubuh manusia tersusun atas kumpulan sel-sel. Sel-sel berkelompok membentuk suatu jaringan, dan kemudian jaringan-jaringan akan menyusun organ. Organ mempunyai beragam bentuk dan fungsi. Organ-organ tersebut saling berkaitan satu sama lain untuk membentuk suatu sistem. Sistem organ inilah yang akan membentuk organisme baru.

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa sel merupakan tingkatan terendah dari organisme kehidupan. Agar lebih jelas organisasi itu dapat diurutkan seperti pada Gambar 1.2 di bawah ini!



Perlu Diketahui

Tubuh seorang dewasa tersusun atas ± 100 triliun sel, dan terdapat 200 jenis sel dengan bentuk beraneka ragam.



Gambar 1.2 Bagan tingkat organisme kehidupan

Mengapa kita perlu mempelajari struktur sel? Bahkan ada cabang ilmu biologi yang khusus mempelajari tentang sel yaitu *sitologi*. Untuk mengetahuinya, pelajailah materi berikut ini dengan baik!

B BEBERAPA TEORI MENGENAI SEL

✓ Perlu Diketahui



Antonie van Leeuwenhoek lahir di Delft, negeri Belanda pada tanggal 24 Oktober 1632 dan meninggal tanggal 26 Agustus 1723. Ia disebut Bapak mikrobiologi karena penemuannya tentang mikroskop berlensa tunggal. Mikroskop temuannya memakai perbesaran 50-300 kali. Karirnya dalam bidang biologi yaitu pada tahun 1674 ia menemukan sel bakteri dan Protozoa dari pengamatannya terhadap air. Kemudian pada tahun 1677 ia menemukan spermatozoa. Karena penemuan ini maka secara tidak langsung ia dapat menumbangkan "teori generatio spontanea"

Beberapa ahli telah mencoba menyelidiki tentang struktur dan fungsi sel, dan kemudian muncullah beberapa teori tentang sel. Sejarah ditemukannya teori tentang sel diawali penemuan mikroskop yang menjadi sarana untuk mempermudah melihat struktur sel. Berbagai penelitian para ahli biologi, antara lain seperti berikut.

1. Robert Hooke (1635-1703)

Ia mencoba melihat struktur sel pada sayatan gabus di bawah mikroskop. Dari hasil pengamatannya diketahui terlihat rongga-rongga yang dibatasi oleh dinding tebal. Jika dilihat secara keseluruhan, strukturnya mirip sarang lebah. Satuan terkecil dari rongga tersebut dinamakan sel.

2. Schleiden (1804-1881) dan T. Schwann (1810-1882)

Mereka mengamati sel-sel jaringan hewan dan tumbuhan. **Schleiden** mengadakan penelitian terhadap tumbuhan. Setelah mengamati tubuh tumbuhan, ia menemukan bahwa banyak sel yang menyusun tubuh tumbuhan. Akhirnya ia menyimpulkan bahwa satuan terkecil dari tumbuhan adalah sel. **Schwann** melaku-

kan penelitian terhadap hewan. Ternyata dalam pengamatannya tersebut ia melihat bahwa tubuh hewan juga tersusun dari banyak sel. Selanjutnya ia menyimpulkan bahwa satuan terkecil dari tubuh hewan adalah sel.

Dari dua penelitian tersebut keduanya menyimpulkan bahwa sel merupakan unit terkecil penyusun makhluk hidup.

3. Robert Brown

Pada tahun 1831, **Brown** mengamati struktur sel pada jaringan tanaman anggrek dan melihat benda kecil yang terapung-apung dalam sel yang kemudian diberi nama inti sel atau *nukleus*. Berdasarkan analisisnya diketahui bahwa inti sel selalu terdapat dalam sel hidup dan kehadiran inti sel itu sangat penting, yaitu untuk mengatur segala proses yang terjadi di dalam sel.



Sumber: Jendela Iptek, 2000

Gambar 1.3 Robert Brown

4. Felix Durjadin dan Johannes Purkinje

Pada tahun 1835, setelah mengamati struktur sel, **Felix Durjadin** dan **Johannes Purkinje** melihat ada cairan dalam sel, kemudian cairan itu diberinya nama *protoplasma*.

5. Max Schultze (1825-1874)

Ia menegaskan bahwa protoplasma merupakan dasar-dasar fisik kehidupan. Protoplasma merupakan tempat terjadinya proses hidup.

Dari pendapat beberapa ahli biologi tersebut akhirnya melahirkan beberapa teori sel antara lain:

- a. sel merupakan unit struktural makhluk hidup;
- b. sel merupakan unit fungsional makhluk hidup;
- c. sel merupakan unit reproduksi makhluk hidup;
- d. sel merupakan unit hereditas.

Beberapa teori sel itu menunjukkan betapa pentingnya peranan sel karena hampir semua proses kehidupan dan kegiatan makhluk hidup dipengaruhi oleh sel.

C STRUKTUR DAN PERANAN BAGIAN -BAGIAN SEL

Dari pengertian tentang sel, Anda sudah mendapatkan sedikit gambaran yang jelas tentang sel. Walaupun sel merupakan bagian terkecil dari makhluk hidup, tetapi sel masih memiliki bagian-bagian lebih kecil lagi yang menyusunnya. Di situlah terjadinya segala aktivitas di dalam sel. Bagian sel tersebut dinamakan *organela*. Jenis organela-organela tersebut bermacam-macam dan masing-masing memiliki karakteristik dan fungsi yang berbeda-beda.

Sel berukuran sangat kecil, yaitu berkisar antara 5-15 mikron, sehingga untuk melihatnya harus menggunakan alat bantu yang disebut mikroskop. Untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang struktur sel, lakukanlah Kegiatan Kelompok 1 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 1

Tujuan : Mengamati struktur sel hewan

Alat dan Bahan : 1. Preparat awetan sel hewan
2. Mikroskop

Cara Kerja :

1. Ambillah preparat awetan sel hewan.
2. Amatilah di bawah mikroskop dengan perbesaran kecil terlebih dahulu, kemudian dengan perbesaran besar.
3. Gambarlah sel hewan yang tampak dari hasil pengamatan Anda dan berilah keterangan masing-masing bagian itu pada buku tugas Anda. Kemudian presentasikan di depan kelas!

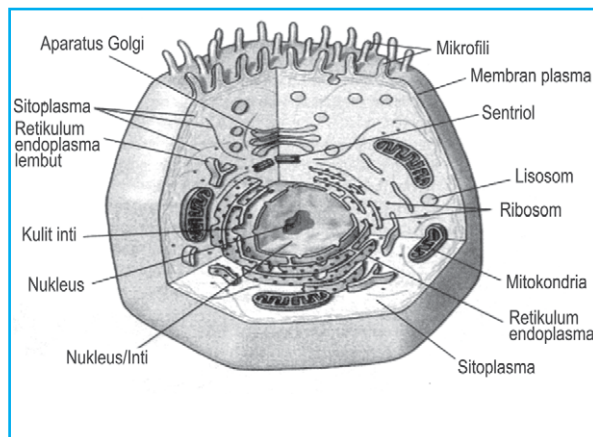
Dari Kegiatan Kelompok 1 Anda sudah mendapatkan gambaran tentang struktur sel hewan. Coba bandingkan gambar hasil kegiatan Anda dengan hasil kegiatan teman yang lain! Samakah hasilnya? Bandingkan pula hasil pengamatan Anda dengan Gambar 1.4 tentang struktur sel !

Dari kegiatan tersebut dapat diketahui bahwa setiap sel hidup mempunyai unsur-unsur pokok yang bertugas pada proses-proses kehidupan makhluk hidup, antara lain membran plasma, sitoplasma, dan organela. Bagian-bagian sel itu mempunyai fungsi atau tugas sendiri-sendiri.

Coba Anda perhatikan lagi struktur sel pada Gambar di 1.4! Gambar tersebut memperlihatkan struktur sel yang tersusun atas beberapa bagian. Bagian-bagian tersebut antara lain seperti berikut.

1. Membran Sel

Membran sel berupa selaput tipis, disebut juga *plasmalema*. Tebal membran antara 5-10 nm ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$). Apabila diamati dengan mikroskop cahaya tidak terlihat jelas, tetapi keberadaannya dapat dibuktikan pada waktu sel mengalami *plasmolisis*.



Sumber: Biologi. Reaven Johnson, 2003

Gambar 1.4 Struktur Sel

S. Singer dan E.Nicolson (1972) menyampaikan teori tentang membran sel. Teori ini disebut teori membran mozaik cair, yang menjelaskan bahwa membran sel terdiri atas protein yang tersusun seperti mozaik (tersebar) dan masing-masing tersisip di antara dua lapis fosfolipid.

Membran sel merupakan bagian terluar sel dan tersusun secara berlapis-lapis. Bahan penyusun membran sel yaitu lipoprotein yang merupakan gabungan antara lemak dan protein.

Membran sel mengandung kira-kira 50% lipid dan 50% protein. Lipid yang menyusun membran sel terdiri atas fosfolipid dan sterol. Fosfolipid memiliki bentuk tidak simetris dan berukuran panjang. Salah satu ujung fosfolipid bersifat mudah larut dalam air (hidrofilik), yang disebut dengan ujung polar. Bagian sterol bersifat tidak larut dalam air (hidrofobik) yang disebut dengan ujung nonpolar. Fosfolipid tersusun atas dua lapis. Dalam hal ini protein dibedakan menjadi 2 sebagai berikut.

a. Protein Ekstrinsik (Perifer)

Protein ini letaknya tersembul di antara dua lapis fosfolipid. Protein ekstrinsik bergabung dengan permukaan luar membran dan bersifat hidrofilik yaitu mudah larut dalam air.

b. Protein Intrinsik (Integral)

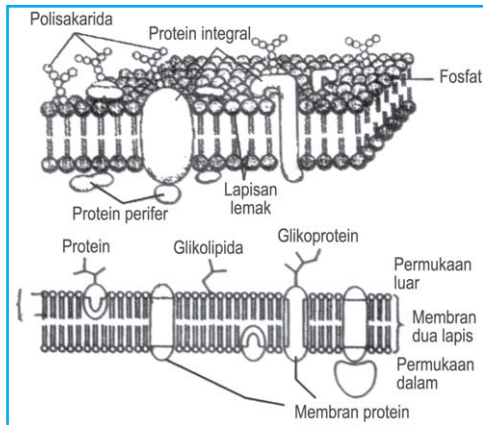
Protein ini letaknya tenggelam di antara dua lapis fosfolipid. Protein intrinsik bergabung dengan membran dalam dan bersifat hidrofobik yaitu tidak mudah larut dalam air.

Penyusun membran sel yang berupa karbohidrat berikatan dengan molekul protein yang bersifat hidrofilik sehingga disebut dengan *glikoprotein*. Adapun karbohidrat yang berikatan dengan lipid yang bersifat hidrofilik disebut dengan *glikopolid*.

Sifat dari membran sel ini adalah selektif permeabel artinya adalah dapat dilalui oleh air dan zat-zat tertentu yang terlarut di dalamnya. Membran sel memiliki fungsi antara lain:

- a. sebagai pelindung sel,
- b. mengendalikan pertukaran zat, dan
- c. tempat terjadinya reaksi kimia.

Untuk menunjang fungsinya ini, membran sel memiliki kemampuan untuk mengenali zat. Zat yang dibutuhkan akan diizinkan masuk, sedangkan zat yang sudah tidak digunakan berupa sampah akan dibuang. Ada juga zat tertentu yang dikeluarkan untuk diekspor ke sel lain.



Gambar 1.5 Membran Sel

Masuknya zat dari luar melalui membran sel yaitu melalui peristiwa transpor pasif dan transpor aktif. Agar lebih jelas memahami struktur membran sel, coba Anda perhatikan Gambar 1.5!

2. Inti Sel (Nukleus)

Nukleus merupakan organ terbesar sel, dengan ukuran diameter antara 10-20 nm. Nukleus memiliki bentuk bulat atau lonjong. Hampir semua sel memiliki nukleus, karena nukleus ini

berperan penting dalam aktivitas sel, terutama dalam melakukan sintesis protein. Namun ada beberapa sel yang tidak memiliki nukleus antara lain sel eritrosit dan sel trombosit. Pada kedua sel ini aktivitas metabolisme terbatas dan tidak dapat melakukan pembelahan.

Biasanya sebuah sel hanya memiliki satu nukleus saja, yang terletak di tengah. Namun ada sel-sel yang memiliki inti lebih dari satu yaitu pada sel parenkim hati dan sel otot jantung, yang memiliki dua buah nukleus. Adapun pada sel otot rangka terdapat banyak nukleus.

Komposisi nukleus terdiri atas membran nukleus, matriks, dan anak inti.

a. Membran Nukleus (Karioteka)

Susunan molekul membran ini sama dengan susunan molekul membran sel, yaitu berupa lipoprotein. Membran inti juga dilengkapi dengan pori-pori yang dapat memungkinkan hubungan antara nukleoplasma dan sitoplasma. Pori-pori ini berperan dalam memindahkan materi antara inti sel dan sitoplasmanya.

Membran inti hanya bisa dilihat dengan jelas dengan menggunakan mikroskop elektron. Membran inti terdiri atas dua selaput yaitu selaput luar dan selaput dalam. Selaput luar mengandung ribosom pada sisi yang menghadap sitoplasma dan sering kali berhubungan dengan membran retikulum endoplasma.

b. Matriks (Nukleoplasma)

Nukleoplasma terdiri atas cairan inti yang tersusun dari zat protein inti yang disebut dengan *nukleoprotein*.

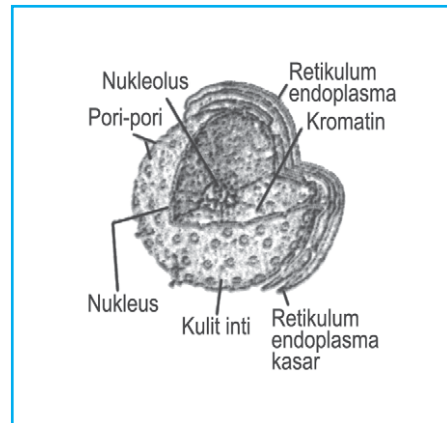
c. Anak Inti (Nukleolus)

Di dalam nukleolus banyak terkandung kromosom, yaitu benang-benang halus DNA. Kromosom tersebut berfungsi untuk:

- 1) menentukan ciri-ciri yang dimiliki sel;
- 2) mengatur bentuk sel;
- 3) menentukan generasi selanjutnya.

DNA tersusun dalam kromosom yang terdapat pada nukleoplasma, sedangkan tempat sintesis RNA terjadi pada nukleolus.

Untuk lebih memahami tentang struktur nukleus dapat Anda lihat pada Gambar 1.6.



Sumber: www.unplod.wikiplodia.org

Gambar 1.6 Nukleus

3. Sitoplasma

Sitoplasma merupakan suatu cairan sel dan segala sesuatu yang larut di dalamnya, kecuali nukleus (inti sel) dan organela. Sitoplasma yang berada di dalam inti sel disebut *nukleoplasma*. Sitoplasma bersifat koloid kompleks, yaitu tidak padat dan tidak cair. Sifat koloid sitoplasma ini dapat berubah-ubah tergantung kandungan air. Jika konsentrasi air tinggi maka koloid akan bersifat encer yang disebut dengan sol, sedangkan jika konsentrasi air rendah maka koloid bersifat padat lembek yang disebut dengan gel.

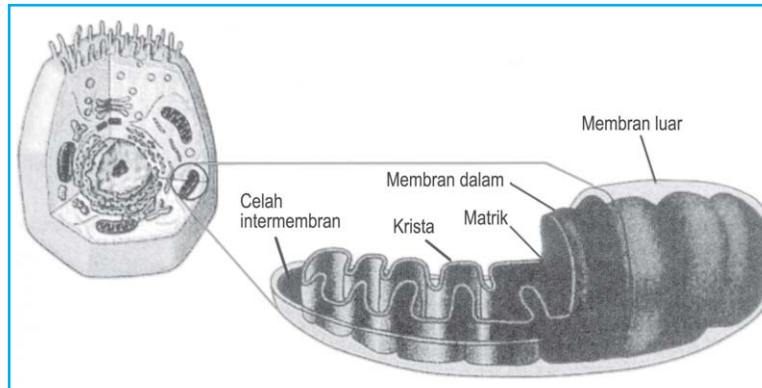
Sitoplasma tersusun atas air yang di dalamnya terlarut molekul-molekul kecil (*mikromolekul*) dan molekul-molekul besar (*makromolekul*), ion-ion dan bahan hidup (organela) ukuran partikel terlarut yaitu 0,001 – 1 mikron, dan bersifat transparan. Bagian yang merupakan lingkungan dalam sel adalah matrik sitoplasma. Tiap-tiap organela mempunyai struktur dan fungsi khusus. Organela yang menyusun sitoplasma adalah sebagai berikut.

a. Mitokondria

Mitokondria merupakan organela penghasil energi dalam suatu sel. Mitokondria memiliki bentuk bulat tongkat dan berukuran panjang antara 0,2-5 mikrometer dengan diameter 0,5 mikrometer.

Dengan bantuan mikroskop cahaya, keberadaan mitokondria dapat terlihat, tetapi untuk dapat melihat struktur dasarnya harus menggunakan mikroskop elektron.

Mitokondria disusun oleh bahan-bahan antara lain fosfolipid dan protein. Mitokondria mempunyai dua lapisan membran, yaitu membran luar dan membran dalam. Permukaan pada membran luar halus, sedangkan pada membran dalam banyak terdapat lekukan-lekukan ke dalam yang disebut *krista*. Adanya lekukan-lekukan ini akan dapat memperluas bidang permukaannya. Krista berperan dalam penyerapan oksigen untuk respirasi.



Sumber: Biology. Reaven Johnson, 2003

Gambar 1.7 Mitokondria

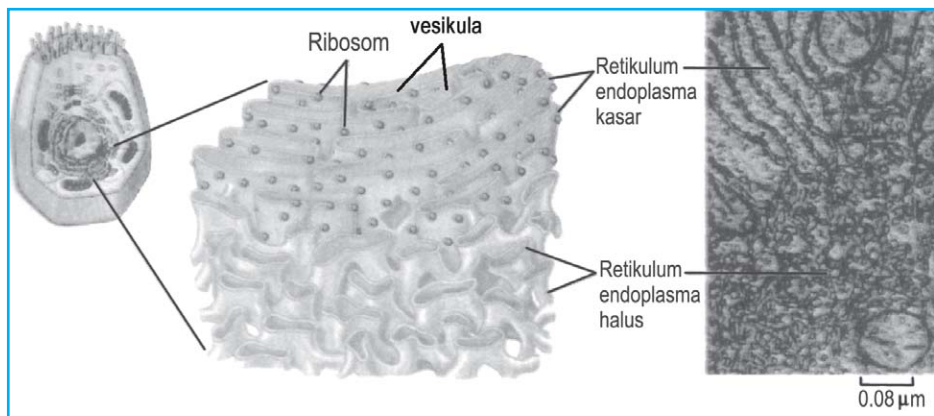
Dari proses respirasi inilah dapat dihasilkan energi. Jadi, mitokondria berfungsi untuk tempat respirasi sel atau sebagai pembangkit energi. Mitokondria mempunyai enzim yang dapat mengubah energi potensial dari makanan kemudian disimpan dalam bentuk ATP. ATP inilah yang merupakan sumber energi sebagai bahan bakar untuk melakukan proses kegiatan untuk hidup.

Sel-sel mana saja yang banyak terdapat mitokondria pada tubuh manusia? Tentu saja sel-sel yang banyak melakukan aktivitas kerja. Pada bagian organ mana dalam tubuh Anda yang paling aktif dan giat bekerja? Misalnya jika seorang olahragawan melakukan aktivitas berolahraga, maka bagian tubuh yang paling aktif bekerja adalah otot. Otot akan selalu berkontraksi ketika seseorang bergerak. Bahkan, ketika Anda tidur pun sel selalu melakukan pemecahan ATP. Coba analisislah kegunaan ATP ketika kita dalam keadaan tidur. Kegunaan ATP yaitu sebagai energi yang digunakan untuk mengganti sel-sel yang rusak, untuk memompa jantung, dan lain-lain.

Mitokondria banyak terdapat pada bagian tubuh antara lain otot, hati, jantung, ginjal, karena bagian tubuh tersebut paling aktif melakukan kerja dan menghasilkan energi. Struktur mitokondria dapat dilihat pada Gambar 1.7.

b. Retikulum Endoplasma

Untuk memahami struktur retikulum endoplasma, perhatikan Gambar 1.8! Retikulum endoplasma merupakan sistem yang sangat luas, membran di dalam sel berupa saluran-saluran dan tabung pipih. Membran ini lebih tipis dari membran plasma. Komposisi kimia tersusun atas lipoprotein.



Sumber: Biology. Reaven Johnson, 2003

Gambar 1.8 Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma ada dua macam, yaitu retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus.

1) Retikulum Endoplasma Kasar (REK)

Retikulum endoplasma kasar ditemplei dengan ribosom yang tersebar merata pada permukaannya. Ribosom merupakan tempat sintesis protein. Protein yang sudah terbentuk kemudian akan diangkut ke bagian dalam retikulum endoplasma, dan kemudian disimpan di dalam membran yang berkantong yang disebut *vesikula*.

2) Retikulum Endoplasma Halus (REH)

Retikulum endoplasma halus tidak ditemplei oleh ribosom. Permukaan REH ini menghasilkan enzim yang dapat mensintesis fosfolipid, glikolipid, dan steroid.

Jadi, secara umum fungsi retikulum endoplasma antara lain:

- 1) penghubung selaput luar inti dengan sitoplasma, sehingga menjadi penghubung materi genetik antara inti sel dengan sitoplasma;
- 2) transpor protein yang disintesis dalam ribosom; dan
- 3) biosintesis fosfolipid, glikolipid, dan sterol.

c. Ribosom

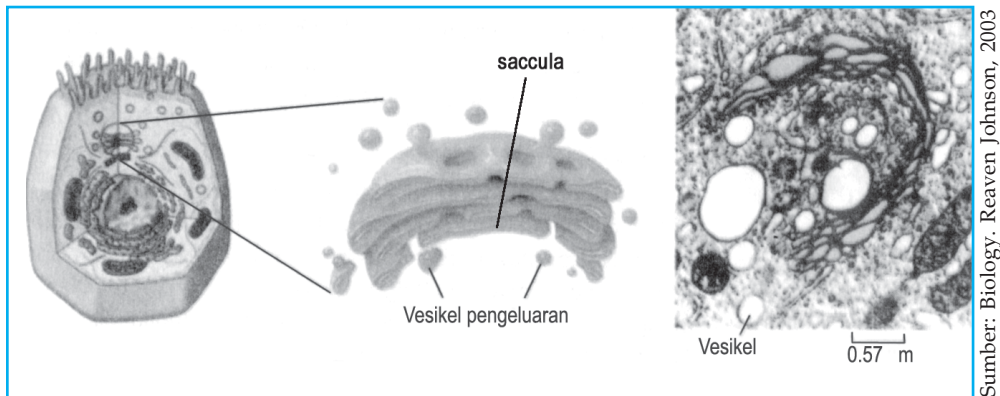
Ribosom merupakan struktur terkecil yang bergaris tengah 17-20 mikron, letaknya di dalam sitoplasma sehingga hanya bisa dilihat dengan bantuan mikroskop elektron. Semua sel hidup memiliki ribosom. Ribosom berfungsi untuk sintesis protein, yang selanjutnya digunakan untuk pertumbuhan, perkembangbiakan atau perbaikan sel yang rusak. Pada sel-sel yang aktif dalam sintesis protein, ribosom dapat berjumlah 25% dari bobot kering sel. Coba sebutkan pada bagian organ mana saja pada tubuh manusia yang paling

banyak terdapat ribosom? Keberadaan ribosom secara acak tersebar di dalam sitoplasma, tetapi ada beberapa yang terikat pada membran retikulum endoplasma kasar (REK).

Sel hati merupakan sel yang banyak mengandung ribosom, karena sel hati terlibat aktif dalam melakukan sintesis protein.

d. Badan Golgi

Coba Anda perhatikan Gambar 1.9! Gambar itu menunjukkan badan golgi. Perhatikan strukturnya!



Gambar 1.9 Badan Golgi

Organela ini ditemukan pertama kali oleh **Camilio Golgi**, seorang ilmuwan dari Italia. Badan golgi biasa dijumpai pada sel tumbuhan maupun hewan. Pada sel hewan terdapat 10-20 badan golgi. Lain halnya dengan tumbuhan yang memiliki ratusan badan golgi pada setiap sel. Badan golgi terdiri atas sekelompok kantong pipih yang dibatasi membran yang dinamakan *saccula*. Di dekat *saccula* terdapat *vesikel sekretori* yang berupa gelembung bulat. Badan golgi pada tumbuhan disebut dengan *diktiosom*. Pada diktiosom terjadi pembuatan polisakarida dalam bentuk selulosa yang digunakan sebagai bahan penyusun dinding sel.

Secara umum fungsi dari badan golgi antara lain:

- 1) secara aktif terlibat dalam proses sekresi, terutama pada sel-sel kelenjar;
- 2) membentuk dinding sel pada tumbuhan;
- 3) menghasilkan lisosom;
- 4) membentuk akrosom pada spermatozoa yang berisi enzim untuk memecah dinding sel telur.

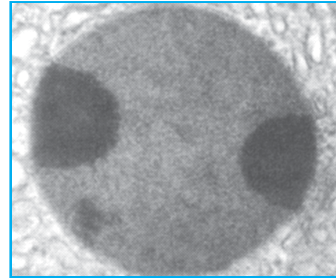
TUGAS INDIVIDU

Kerjakan tugas berikut!

1. Berikan penjelasan mengenai organ-organ pada manusia yang banyak terdapat badan golgi!
2. Jelaskan pula fungsi badan golgi pada organ-organ tersebut!
3. Tulislah di buku tugas dan presentasikan hasilnya di depan kelas!

e. Lisosom

Lisosom hanya ditemukan pada sel hewan saja. Lisosom merupakan struktur agak bulat yang dibatasi membran tunggal, memiliki ukuran diameter 1,5 mikron. Lisosom berperan aktif melakukan fungsi imunitas. Lisosom berisi enzim-enzim hidrolitik untuk memecah polisakarida, lipid, fosfolipid, dan protein. Lisosom berperan dalam pencernaan intrasel, misalnya pada protozoa atau sel darah putih.



Sumber: www.cybeck.de

Gambar 1.10 Lisosom

Lisosom juga berperan penting dalam matinya sel-sel. Lisosom banyak terdapat pada sel-sel darah terutama leukosit, limfosit, dan monosit. Di dalam sel-sel tersebut lisosom berperan mensintesis enzim-enzim hidrolitik untuk mencernakan bakteri-bakteri patogen yang menyerang tubuh. Agar dapat memahami struktur lisosom, perhatikan Gambar 1.10!

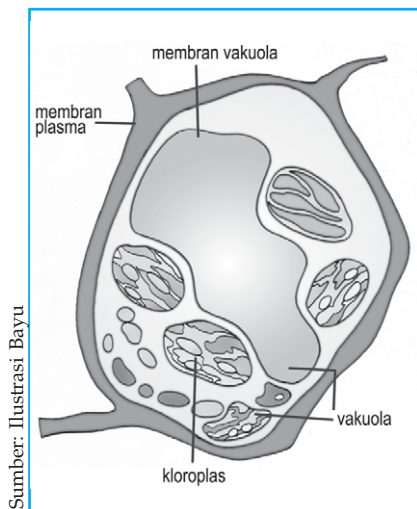
Lisosom membantu menghancurkan sel yang luka atau mati dan menggantikan dengan yang baru yang disebut dengan *autofagus*. Contohnya lisosom banyak terdapat pada sel-sel ekor kecebong. Ekor kecebong secara bertahap akan diserap dan mati. Hasil penghancurannya digunakan untuk pertumbuhan sel-sel baru bagi katak yang sedang dalam masa pertumbuhan. Begitu pula selaput antara jari-jari tangan dan kaki manusia ketika berujud embrio akan hilang setelah embrio tersebut lahir.

f. Sentrosom

Sentrosom hanya dijumpai pada sel hewan. Bentuk sentrosom bulat kecil. Organela ini terdapat di dekat inti, berperan dalam proses pembelahan sel. Sentrosom menyerupai bola-bola duri karena adanya serat-serat radial.

g. Vakuola

Vakuola ialah organela sitoplasmik yang berisi cairan dan dibatasi selaput tipis yang disebut *tonoplas*. Vakuola berbentuk cairan yang di dalamnya terlarut berbagai zat seperti enzim, lipid, alkaloid, garam mineral, asam, dan basa. Pada sel tumbuhan, vakuola selalu ada. Semakin tua suatu tumbuhan, maka vakuola yang terbentuk semakin besar.



Gambar 1.11 Vakuola tumbuhan

Vakuola berperan untuk menyimpan zat makanan berupa sukrosa dan garam mineral, selain juga berfungsi sebagai tempat penimbunan sisa metabolisme, seperti getah pada batang tumbuhan karet. Untuk memahami struktur vakuola pada tumbuhan Anda dapat melihat Gambar 1.11!

Vakuola juga terdapat pada protozoa. Vakuola protozoa berupa vakuola kontraktil dan vakuola nonkontraktil.

1) Vakuola kontraktil

Vakuola kontraktil disebut juga vakuola berdenyut. Vakuola kontraktil memiliki fungsi sebagai osmoregulator yaitu mengatur nilai osmotik dalam sel.

2) Vakuola nonkontraktil

Vakuola nonkontraktil disebut juga vakuola makanan, yang berfungsi untuk mencerna makanan dan mengedarkan hasil pencernaan makanan ke seluruh tubuh.

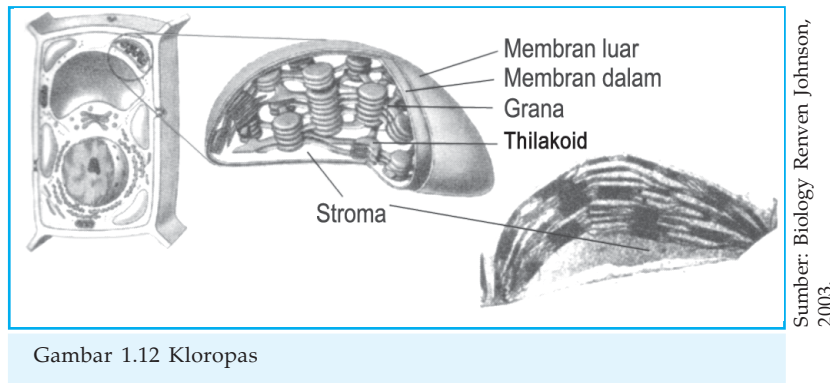
h. Plastida

Plastida juga merupakan organela spesifik yang terdapat pada sel tumbuhan. Di dalam plastida terdapat zat pigmen. Mekanisme kerja plastida sangat dipengaruhi oleh rangsang cahaya. Pada lingkungan yang banyak terdapat penyinaran matahari, maka plastida menghasilkan pigmen warna yang disebut kloroplas, antara lain pigmen hijau (*klorofil*), kuning (*xantin*), dan kuning kemerah-merahan (*xantofil*). Plastida yang tidak terkena cahaya matahari tidak akan menghasilkan pigmen warna yang disebut *leukoplas* atau *amiloplas* yaitu untuk tempat amilum.

i. Kloroplas

Pada sel tumbuhan ada bagian paling spesifik yang tidak terdapat pada sel hewan, yaitu bagian yang berperan dalam proses fotosintesis. Bagian manakah itu? Tentu Anda sudah mengetahui bahwa bagian yang dimaksud adalah klorofil. Klorofil dihasilkan oleh suatu struktur yang disebut *kloroplas*. Coba perhatikan tumbuh-tumbuhan yang ada di sekitar lingkungan Anda! Bagaimanakah warna daun-daun tumbuhan tersebut?

Kloroplas hanya terdapat dalam sel tumbuhan dan ganggang tertentu. Pada sel-sel tumbuhan, kloroplas berbentuk cakram dengan diameter 5-8 μm dengan tebal 2-4 μm . Kloroplas dapat dilihat pada Gambar 1.12!



Pada gambar tersebut terlihat bahwa kloroplas dibungkus oleh membran ganda, yaitu membran internal (dalam) dan membran eksternal (luar).

1) Membran Internal (Dalam)

Pada membran ini tidak terdapat lipatan (halus), dan terdapat banyak pigmen fotosintesis yang terletak pada *thilakoid*. Pigmen ini akan menangkap cahaya matahari dan mengubah energi cahaya ini menjadi energi kimia dalam bentuk ATP (Adenosin Trifosfat), melalui proses fotosintesis. Tumpukan dari beberapa thilakoid akan membentuk *granum*. Thilakoid yang memanjang menghubungkan granum satu dengan lainnya disebut *stroma*. Pigmen fotosintesis tersebut antara lain klorofil dan karotenoid.

a) Klorofil

Klorofil meliputi klorofil a dan b. Klorofil merupakan pigmen hijau untuk menangkap energi cahaya matahari, misalnya sinar merah, biru, ungu, dan memantulkan sinar hijau.

b) Karotenoid

Karotenoid merupakan pigmen kuning sampai jingga. Karotenoid menyerap sinar gelombang antara hijau-biru.

2) Membran Eksternal (Luar)

Pada membran eksternal ini tidak mengandung klorofil maupun karotenoid, melainkan mengandung pigmen xanthofil yang disebut *violaxanthin*.

Dari uraian di atas dapat kita ketahui bahwa di dalam sel yang masih hidup selalu terdapat unsur-unsur pokok seperti disebutkan di atas. Sel hidup masih selalu melakukan aktivitas tumbuh dan berkembang. Aktivitas ini dilakukan oleh bagian-bagian pokok sel tersebut.

Coba Anda bayangkan jika sel tidak memiliki organela-organela seperti di atas, apakah yang akan terjadi? Tentunya kita tidak dapat tumbuh dan berkembang, tetapi perlu Anda ketahui bahwa pertumbuhan sel ini bersifat terarah dan terkendali.

Contohnya sel-sel janin, ia tahu persis kapan harus membelah dan kapan harus berhenti, sehingga hanya ada 2 kaki, 2 tangan, 2 mata, 2 ginjal, bahkan

jika kita perhatikan jari kelingking tidak lebih panjang dari jari manis dan sebagainya. Contoh tersebut menggambarkan pembelahan sel yang terarah dan terkendali.

Dengan mengetahui sifat sel yang terarah dan terkendali akan menimbulkan rasa kagum dan selanjutnya kita harus mensyukurinya sebagai anugerah Tuhan Yang Maha Esa kepada kita dan makhluk hidup lain di bumi.

TUGAS INDIVIDU

Coba carilah fakta lain yang terjadi di dalam diri Anda sendiri yang menunjukkan sifat sel yang terarah dan terkendali! Tuliskan di buku tugas Anda! Kemudian presentasikan di depan kelas!

D STRUKTUR SEL TUMBUHAN DAN HEWAN

Struktur sel tumbuhan dan hewan memiliki perbedaan. Apakah perbedaannya? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, cobalah lakukan Kegiatan Kelompok 2 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 2

Tujuan	:	Mengamati sel tumbuhan dan hewan
Alat dan Bahan	:	1. Bawang 2. Larutan yodium 3. Metilen biru 4. Pisau 5. Pipet tetes 6. Jarum bertangkai 7. Kertas tisu 8. Objek gelas 9. Gelas penutup 10. Mikroskop 11. Tusuk gigi

A. Mengamati Sel Tumbuhan

Cara Kerja:

1. Sayatlah bawang dengan menggunakan pisau. Ambillah bagian tipis yang transparan dari permukaan dalam bawang dengan menggunakan jarum bertangkai.
2. Berilah 1 tetes air pada objek gelas. Letakkan potongan bawang tadi pada tetesan air, kemudian tutuplah dengan gelas penutup.

Air yang merembes pada objek gelas diisap dengan menggunakan kertas tisu.

3. Amatilah di bawah mikroskop dengan perbesaran kecil dan besar.
4. Ambillah objek gelas dari mikroskop tadi, kemudian berilah 1 tetes larutan yodium pada salah satu sisi objek gelas (cairan ini berfungsi untuk memperjelas bagian-bagian sel). Cairan yang merembes pada objek gelas diisap dengan menggunakan kertas tisu.
5. Amatilah kembali preparat di bawah mikroskop dengan perbesaran kecil dan besar.
6. Gambarlah hasil pengamatan Anda dan berilah keterangan pada bagian-bagian sel yang dapat diamati.
7. Konsultasikan hasil pengamatan Anda dengan guru pengampu!

B. Mengamati Sel Hewan

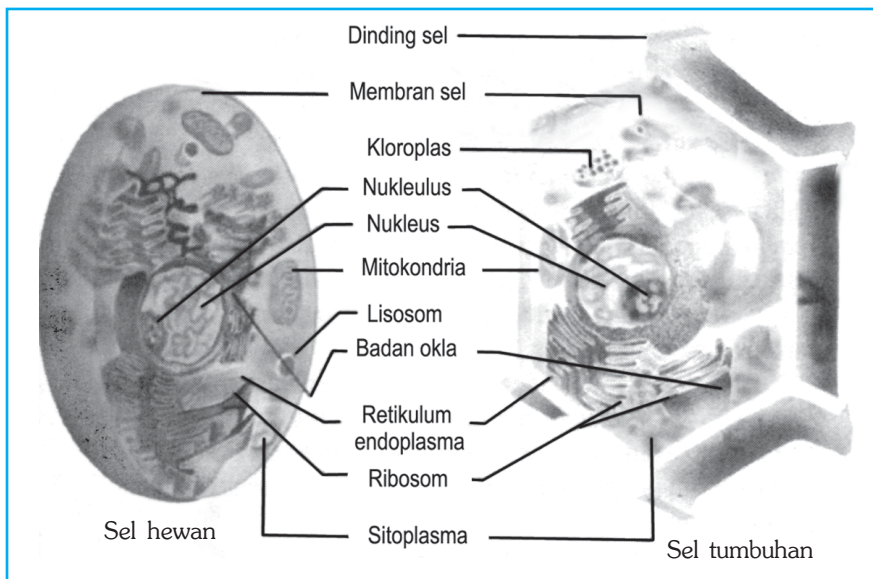
Cara Kerja:

1. Amatilah lapisan dalam rongga mulut dengan cara menggoreskan tusuk gigi dengan hati-hati pada bagian dalam rongga mulut.
2. Berilah 1 tetes air pada objek gelas, kemudian letakkan goresan rongga mulut tadi pada tetesan air di atas objek gelas. Setelah itu tutuplah dengan gelas penutup.
3. Amatilah di bawah mikroskop dengan perbesaran kecil dan besar.
4. Ambillah objek gelas dari mikroskop tadi. Teteskan metilen biru pada salah satu bagian tepi dari objek gelas (cairan ini berfungsi untuk memperjelas bagian-bagian sel). Cairan yang merembes ke luar dari objek gelas diisap dengan menggunakan kertas tisu.
5. Amatilah kembali di bawah mikroskop dengan perbesaran kecil dan besar.
6. Gambarlah hasil pengamatan Anda dan berilah keterangan pada masing-masing bagian sel tersebut!

Dari dua kegiatan yang telah Anda lakukan, maka Anda bisa membandingkan antara sel tumbuhan yang diambil dari tumbuhan bawang dan sel hewan yang diambil dari goresan dalam rongga mulut. Bandingkan hasil yang Anda peroleh dengan Gambar 1.13.

• TUGAS KELOMPOK

Dari kegiatan yang Anda lakukan di atas, Anda telah mendapatkan perbedaan antara sel hewan dan tumbuhan. Coba sebutkan perbedaan tersebut dan presentasikan hasilnya di depan kelas!



Sumber: Boilgy Reaven Johnson, 2003

Gambar 1.13 Perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan

Berdasarkan gambar yang telah Anda dapatkan dari kegiatan di depan, dapat terlihat bahwa pada bagian luar sel tumbuhan terdapat dinding sel, tetapi pada hewan tidak. Adanya dinding sel inilah yang menyebabkan sel-sel tumbuhan memiliki sifat keras dan kaku.

Pada tumbuhan, dinding sel berfungsi antara lain untuk melindungi protoplas, sebagai penguat tanaman dan mencegah terjadinya dehidrasi. Komponen utama penyusun dinding sel adalah *polisakarida*.

Dinding sel tumbuhan muda masih terlihat tipis yang terdiri atas selaput zat pektin. Setelah sel tumbuhan bertambah tua, maka dinding sel akan menebal dan zat pembentuknya adalah *selulosa*. Dinding sel bagian dalam berhubungan langsung dengan membran plasma. Membran ini bisa terlihat apabila sel berada di dalam larutan yang lebih pekat daripada larutan dalam sel, sehingga membran plasma akan lepas.

Selain itu, organela khas yang terdapat pada sel hewan dan tidak banyak terdapat pada sel tumbuhan adalah sentrosom dan lisosom. Struktur sentrosom bisa dilihat dengan jelas apabila menggunakan mikroskop elektron. Struktur sentrosom seperti rakitan batang-batang yang menyusun bangunan sekunder, sembilan batang membentuk bangun silinder, satu batang berada di pusat silinder. Apakah dan bagaimanakah lisosom itu? Cobalah ingat kembali pengertiannya berdasarkan penjelasan di depan.

Secara garis besar, perbedaan antara struktur hewan dengan tumbuhan bisa dilihat pada Tabel 1.1 di bawah ini!

Tabel 1.1 Perbedaan Struktur Sel Hewan dan Tumbuhan

No	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
1.	Tidak mempunyai dinding sel.	Mempunyai dinding sel.
2.	Mempunyai sentrosom.	Tidak mempunyai sentrosom.
3.	Mempunyai lisosom.	Tidak mempunyai lisosom.
4.	Tidak mempunyai plastida.	Mempunyai plastida.
5.	Cadangan makanan berupa lemak dan glikogen.	Cadangan makanan berupa pati atau amilum.

Berdasarkan penjelasan tersebut kita dapat membedakan kondisi antara sel hewan dan tumbuhan.

E MEKANISME TRANSPOR ZAT MELALUI MEMBRAN

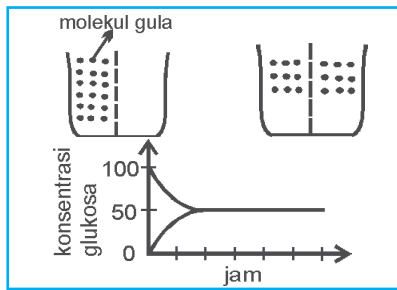
Dari penjelasan di depan Anda telah mengetahui bahwa sel merupakan penyusun jaringan tumbuhan dan hewan. Segala aktivitas terjadi dalam sel, sehingga fungsi jaringan pun dapat dilakukan dengan baik. Tentunya di sini ada hubungan antara sel satu dengan yang lain, terutama dalam hal transpor zat-zat untuk proses metabolisme tumbuhan. Zat-zat tersebut keluar masuk sel dengan melewati membran sel. Cara zat melewati membran sel melalui beberapa mekanisme berikut.

1. Transpor Pasif

Transpor pasif merupakan perpindahan zat yang tidak memerlukan energi. Perpindahan zat ini terjadi karena perbedaan konsentrasi antara zat atau larutan. Transpor pasif melalui peristiwa difusi, osmosis, dan difusi terbantu.

a. Difusi

Sumber: Biologi1, Kimball, 1989



Gambar 1.14 Peristiwa difusi

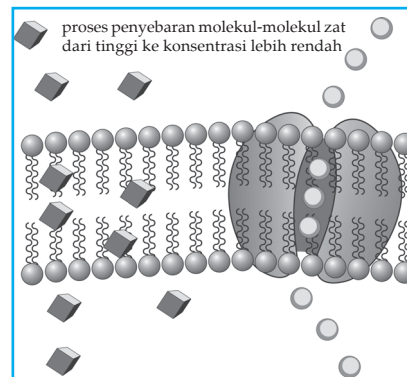
Proses ini merupakan perpindahan molekul larutan berkonsentrasi tinggi menuju larutan berkonsentrasi rendah tanpa melalui selaput membran. Gambar 1.14 menunjukkan proses terjadinya difusi. Pada permulaan percobaan semula molekul glukosa ada di bagian A. Setelah beberapa saat, proses difusi menyebabkan konsentrasi glukosa di A turun dan di B naik dengan kecepatan yang sama. Setelah 3 jam, konsentrasi

pada kedua ruang tersebut sama dan keseimbangan akan tercapai. Difusi pada membran sel (selaput plasma) dapat terlihat pada Gambar 1.15!

Proses difusi sering terjadi pada tubuh kita. Tanpa kita sadari, tubuh kita selalu melakukan proses ini, yaitu pada saat kita menghirup udara. Ketika menghirup udara, di dalam tubuh akan terjadi pertukaran gas antarsel melalui proses difusi.

Contoh lain proses difusi adalah saat kita membuat minuman sirup. Sirup yang kita larutkan dengan air akan bergerak dari larutan yang konsentrasinya tinggi ke larutan yang konsentrasinya rendah.

Pada masing-masing zat, kecepatan difusi berbeda-beda. Untuk contoh kasus yang dijelaskan, yaitu antara sirup dan gas, maka kecepatan difusi sirup lebih besar pada gas. Berdasarkan hal itu coba Anda cari lagi contoh proses difusi lain yang pernah Anda ketahui!



Gambar 1.15
Proses difusi pada selaput plasma

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

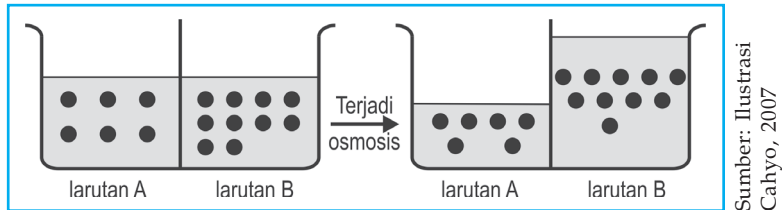
TUGAS INDIVIDU

Kerjakan tugas berikut!

Siapkan segelas air putih, kemudian teteskan tinta hitam ke dalam air tersebut! Amati yang terjadi, tuliskan hasilnya di buku tugasmu dan presentasikan di depan kelas!

b. Osmosis

Untuk memahami tentang osmosis, perhatikan Gambar 1.16! Gambar 1.16 menunjukkan proses osmosis. Air akan berpindah dari A menuju B melalui membran semi permeabel sehingga diperoleh hasil larutan *isotonis*, yaitu konsentrasi air sama untuk dua larutan antara A dan B, walaupun hasil akhirnya nanti volume antara A dan B berbeda. Setelah terjadi osmosis, maka gambar prosesnya menjadi seperti berikut.



Gambar 1.16 Model percobaan osmosis

Dari ilustrasi itu dapat disimpulkan bahwa osmosis adalah proses perpindahan air dari zat yang berkonsentrasi rendah (*hipotonis*) ke larutan yang berkonsentrasi tinggi (*hipertonis*) melalui membran semipermeabel, sehingga didapatkan larutan yang berkonsentrasi seimbang (*isotonis*).

Peristiwa osmosis dapat kita temukan dalam kehidupan sehari-hari antara lain pada penyerapan air melalui bulu-bulu akar, dan mengerutnya sel darah merah yang dimasukkan ke dalam larutan hipertonis.

• TUGAS KELOMPOK

Bandingkan proses yang terjadi pada kedua gambar (Gambar 1.14 dan Gambar 1.16)! Antara proses difusi dan osmosis, manakah proses yang lebih cepat terjadi keseimbangan? Mengapa terjadi demikian? Cobalah diskusikan masalah ini bersama teman-teman Anda! Presentasikan hasilnya di depan kelas!

c. Difusi Terbantu

Proses difusi terbantu difasilitasi oleh suatu protein. Difusi terbantu sangat tergantung pada suatu mekanisme transpor dari membran sel. Difusi terbantu dapat ditemui pada kehidupan sehari-hari, misalnya pada bakteri *Escherichia coli* yang diletakkan pada media laktosa. Membran sel bakteri tersebut bersifat impermeabel sehingga tidak dapat dilalui oleh laktosa. Setelah beberapa menit kemudian bakteri akan membentuk enzim dari dalam sel yang disebut *permease*, yang merupakan suatu protein sel. Enzim *permease* inilah yang akan membuatkan jalan bagi laktosa sehingga laktosa ini dapat masuk melalui membran sel.

TUGAS INDIVIDU

Carilah contoh peristiwa difusi terbantu pada kehidupan sehari-hari dengan mencari informasi dari buku atau sumber lain, bahkan bisa pula Anda cari dari internet. Tulislah hasilnya pada buku tugas Anda!

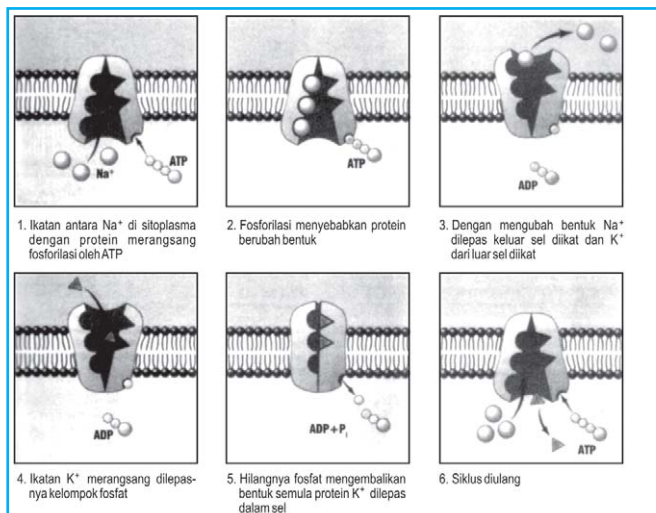
2. Transpor Aktif

Transpor aktif merupakan transpor partikel-partikel melalui membran semipermeabel yang bergerak melawan gradien konsentrasi yang memerlukan energi dalam bentuk ATP. Transpor aktif berjalan dari larutan yang memiliki konsentrasi rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi tinggi, sehingga dapat tercapai keseimbangan di dalam sel.

Adanya muatan listrik di dalam dan luar sel dapat mempengaruhi proses ini, misalnya ion K^+ , Na^+ dan Cl^- . Peristiwa transpor aktif dapat Anda lihat pada peristiwa masuknya glukosa ke dalam sel melewati membran plasma dengan menggunakan energi yang berasal dari ATP.

Contoh lain terjadi pada darah di dalam tubuh kita, yaitu pengangkutan ion kalium (K) dan natrium (Na) yang terjadi antara sel darah merah dan cairan ekstrasel (plasma darah). Kadar ion kalium pada sitoplasma sel darah merah tiga puluh kali lebih besar daripada cairan plasma darah. Tetapi kadar ion natrium plasma darah sebelas kali lebih besar daripada di dalam sel darah merah.

Adanya pengangkutan ion bertujuan agar dapat tercapai keseimbangan kadar ion di dalam sel. Mekanisme transpor ion ini dapat terlihat pada Gambar 1.17 berikut.



Gambar 1.17 Mekanisme transpor aktif

Sumber: Biology: Reaven Johnson, 2003

Peristiwa transpor aktif dibedakan menjadi dua, yaitu endositosis dan eksositosis.

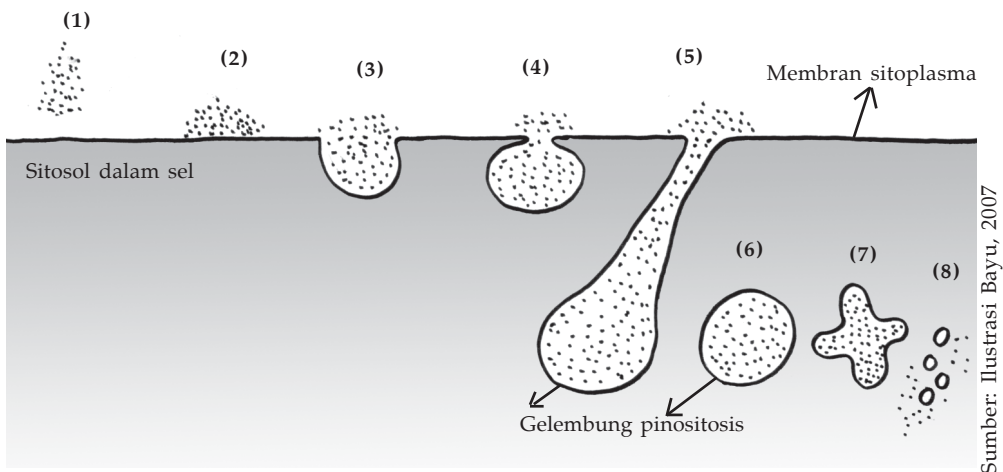
a. Endositosis

Endositosis merupakan peristiwa pembentukan kantong membran sel. *Endositosis* terjadi karena ada transfer larutan atau partikel ke dalam sel. Peristiwa *endositosis* dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

1) Pinositosis

Pinositosis merupakan peristiwa masuknya sejumlah kecil medium kultur dengan membentuk lekukan-lekukan membran sel. Peristiwa ini dapat terjadi bila konsentrasi protein dan ion tertentu pada medium sekeliling sel sesuai dengan konsentrasi di dalam sel. Proses pinositosis dapat diamati dengan mikroskop elektron.

Sel-sel yang melakukan proses pinositosis ini antara lain sel darah putih, epitel usus, makrofag hati, dan lain-lain. Tahapan proses pinotosis adalah sebagai berikut.



Gambar 1.18 Proses pinositosis

Keterangan gambar:

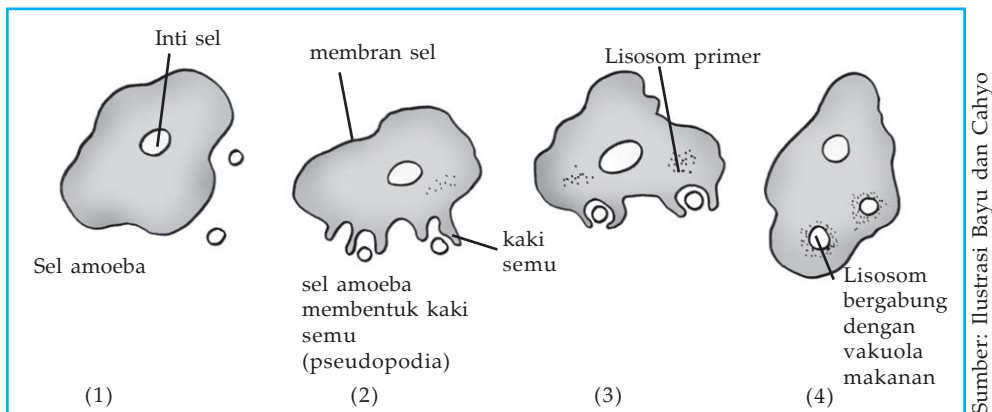
1. Molekul-molekul medium kultur mendekati membran sitoplasma.
2. Molekul-molekul mulai melekat (menempel) pada plasma, hal ini terjadi karena adanya konsentrasi yang sesuai antara protein dan ion tertentu pada medium sekeliling sel dengan di dalam sel.
3. Mulai terbentuk invaginasi pada membran sitoplasma.
4. Invaginasi semakin ke dalam sitoplasma.
5. Terbentuk kantong dalam sitoplasma dan saluran pinositik.

6. Kantong mulai lepas dari membran plasma dan membentuk gelembung-gelembung kantong.
7. Gelembung-gelembung kantong mulai mempersiapkan diri untuk melakukan fragmentasi.
8. Gelembung pecah menjadi gelembung yang lebih kecil.

2) Fagositosis

Fagositosis merupakan peristiwa yang sama seperti pada pinositosis tetapi terjadi pada benda padat yang ukurannya lebih besar. *Fagositosis* dapat diamati dengan mikroskop misalnya yang terjadi pada Amoeba.

Tahap-tahap fagositosis dapat terlihat pada Gambar 1.19!



Sumber: Ilustrasi Bayu dan Cahyo

Gambar 1.19 Proses fagositosis

Keterangan gambar:

1. Sebuah sel Amoeba mendekati sel *Paramecium*.
2. Amoeba membentuk kaki semu (pseudopodia) dan semakin mendekati *Paramecium*.
3. Amoeba mengurung sel *Paramecium* dengan kaki semu dan memasukkannya ke dalam vakuola makanan.
4. Lisosom pada Amoeba mulai bergabung (fusi) dengan vakuola makanan untuk mengeluarkan enzim pencernaan.

b. Eksositosis

Eksositosis adalah proses keluarnya suatu zat ke luar sel. Proses ini dapat Anda lihat pada proses kimia yang terjadi dalam tubuh kita, misalnya proses pengeluaran hormon tertentu. Semua proses sekresi dalam tubuh merupakan proses eksositosis. Sel-sel yang mengeluarkan protein akan berkumpul di dalam badan golgi. Kantong yang berisi protein akan bergerak ke arah permukaan sel untuk mengosongkan isinya.

RANGKUMAN

1. Tubuh makhluk hidup tersusun dari sel sebagai unit terkecil dari kehidupan.
2. Struktur sel terdiri atas *membran*, *sitoplasma*, dan *organela*.
3. Sitoplasma adalah cairan sel, tempat organela berada.
4. Organela dalam sel meliputi *nukleus*, *retikulum endoplasma*, *ribosom*, *badan golgi*, *lisosom*, *mitokondria*, *kloroplas*, *vakuola*, dan *plastida*.
5. *Dinding sel*, *kloroplas*, *vakuola*, dan *plastida* hanya ada dalam sel tumbuhan.
6. *Nukleus* berfungsi untuk mengatur segala macam aktivitas dalam sel.
7. *Retikulum endoplasma* berfungsi untuk menghubungkan selaput luar inti dengan sitoplasma dan transpor protein yang disintesis dalam ribosom.
8. *Ribosom* berfungsi untuk sintesis protein.
9. *Badan Golgi* berfungsi untuk proses sekresi dan menghasilkan lisosom.
10. *Lisosom* berfungsi untuk imunitas.
11. *Mitokondria* berfungsi sebagai tempat respirasi sel atau sebagai pembangkit energi.
12. *Kloroplas* berfungsi untuk menghasilkan klorofil dan karotenoid pada tumbuhan.
13. *Vakuola* berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan pada tumbuhan.
14. *Plastida* berfungsi untuk menghasilkan pigmen warna, antara lain *klorofil*, *xantin*, dan *xantofil*.
15. Antara sel satu dengan yang lain terdapat hubungan sehingga memungkinkan adanya transpor zat.
16. Transpor zat melewati membran sel melalui berbagai mekanisme, antara lain melalui proses *difusi*, *osmosis*, *transport aktif*, *endositosis*, dan *eksositosis*.

I. Pilihlah jawaban yang benar!

1. Organela sel yang ada pada sel hewan, tetapi tidak ada pada sel tumbuhan adalah
 - a. nukleus
 - b. ribosom
 - c. retikulum endoplasma
 - d. lisosom
 - e. mitokondria
2. Organela sel yang berfungsi sebagai penghasil enzim-enzim pencernaan adalah
 - a. lisosom
 - b. ribosom
 - c. mitokondria
 - d. badan golgi
 - e. retikulum endoplasma
3. Organela berupa saluran halus dalam sitoplasma yang berbatas sistem membran dan erat kaitannya dengan sistem angkutan pada sintesis protein adalah
 - a. retikulum endoplasma
 - b. ribosom
 - c. lisosom
 - d. badan golgi
 - e. plasmodesma
4. Organela yang merupakan tempat berlangsungnya respirasi sel adalah
 - a. nukleus
 - b. lisosom
 - c. ribosom
 - d. retikulum endoplasma
 - e. mitokondria
5. Masuknya mineral dan air tanah dalam sel akar merupakan contoh transpor lewat membran secara
 - a. eksositosis
 - b. plasmolisis
 - c. difusi
 - d. osmosis
 - e. endositosis

6. Bila sel makhluk hidup direndam dalam larutan hipertonis, maka sel tersebut akan mengalami
 - a. turgor
 - b. plasmolisis
 - c. difusi
 - d. osmosis
 - e. hipotonis
7. Pasangan nama organel beserta fungsinya yang benar adalah sebagai berikut, *kecuali*
 - a. badan golgi – sekresi
 - b. retikulum endoplasma – transportasi
 - c. ribosom – sintesis protein
 - d. lisosom – regulasi
 - e. mitokondria – respirasi
8. Peristiwa-peristiwa berikut ini merupakan peristiwa yang terjadi pada transpor aktif, *kecuali*
 - a. membutuhkan ATP
 - b. butuh protein integral sebagai carier
 - c. setiap pengeluaran tiga ion Na^+ , masuk dua ion K^+
 - d. fosfat yang dilepaskan akan mengaktifkan glukosa
 - e. membutuhkan lemak
9. Gerakan molekul terlarut melalui selaput plasma, antara lain meliputi
 - a. endositosis
 - b. eksositosis
 - c. pinositosis
 - d. fagositosis
 - e. difusi
10. Aktivitas kehidupan organisme dapat tercermin melalui aktivitas sel. Hal ini sesuai dengan teori sel yaitu sel merupakan kesatuan
 - a. pertumbuhan
 - b. regenerasi
 - c. hereditas
 - d. struktural
 - e. fungsional
11. Oksigen merupakan gas yang penting untuk proses oksidasi dalam sel. Masuknya oksigen ke dalam sel dengan cara
 - a. osmosis
 - b. eksositosis
 - c. fagositosis
 - d. pinositosis
 - e. difusi

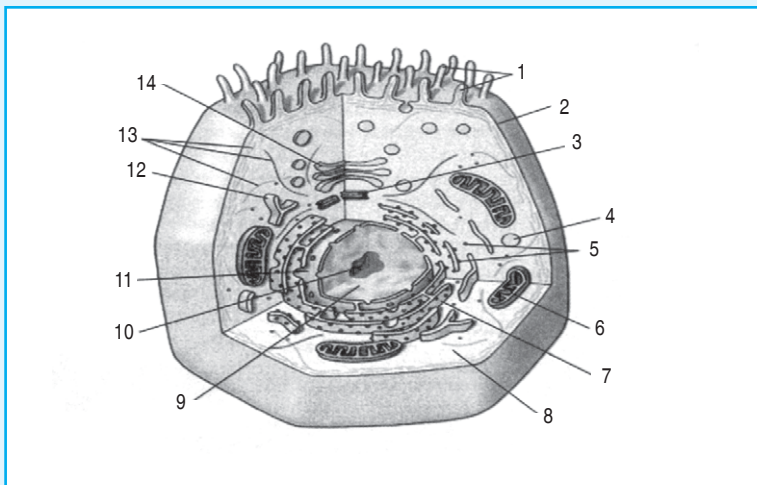
12. Organela pada tumbuhan yang berperan dalam turbiditas sel adalah
- mitokondria
 - sentriola
 - nukleus
 - ribosom
 - vakuola
13. Pada eksperimen osmosis sel tumbuhan, disiapkan tiga kentang berbentuk kubus dengan berat yang sama. Kentang I direndam dalam larutan gula 15%, kentang II dalam larutan gula 10%, kentang III dalam larutan gula 5% selama 5 menit dan diperoleh data sebagai berikut.

Kentang	Larutan gula	Berat yang hilang
I	5%	0,25% gram
II	10%	0,6% gram
III	15%	1,5% gram

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa berat yang hilang sebagai akibat

- cairan gula hipertonis terhadap larutan sel
- larutan gula hipertonis terhadap cairan sel
- larutan gula dan cairan sel isosmosis
- cairan sel hipertonis terhadap larutan gula
- larutan gula dan cairan sel isotonis

Gambar berikut untuk menjawab soal nomor 14 dan 15!



14. Organela yang ditunjukkan nomor 6 pada gambar tersebut adalah
 - a. ribosom
 - b. lisosom
 - c. mitokondria
 - d. badan golgi
 - e. retikulum endoplasma
15. Fungsi organela pada nomor 10 yaitu
 - a. untuk mensintesis protein
 - b. sebagai proses oksidasi sel
 - c. untuk pembentukan enzim
 - d. sebagai sarana transportasi molekul-molekul dari bagian sel satu ke bagian lain
 - e. sebagai pengatur pembelahan sel

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Apakah yang dimaksud sel?
2. Organela apa sajakah yang menyusun sel? Sebutkan pula fungsinya masing-masing!
3. Gambarlah organela sel yang ditemukan dalam sitoplasma dan tunjukkan bagian-bagian penyusunnya!
4. Apakah perbedaan antara proses difusi, osmosis, transpor aktif, endositosis, dan eksositosis?
5. Ada berapa macam vakuola yang ada pada hewan? Sebutkan dan jelaskan masing-masing!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Sebutkan organ-organ yang banyak terdapat organela:
 - a. ribosom
 - b. badan golgi
 - c. lisosom
2. Samakah struktur antara sel hewan dan tumbuhan? Jelaskan jawaban Anda disertai dengan gambar!
3. Menurut Anda, manakah yang lebih cepat, perpindahan zat secara difusi atau secara osmosis? Berikanlah alasan Anda!
4. Anda sudah mempelajari bahwa sel berukuran mikroskopis, walaupun demikian di dalam sel itulah semua proses kehidupan makhluk hidup diawali. Mengapa sel penyusun tubuh makhluk hidup harus berukuran kecil dan jumlahnya banyak? Adakah hubungannya dengan peran sel tersebut? Jelaskan jawaban Anda disertai alasan yang tepat!
5. Pada saat ini telah dikembangkan cara bercocok tanam dengan sistem “aeroponik”, yaitu merupakan cara bercocok tanam di udara. Tanaman tidak diberi media untuk tumbuhnya akar, melainkan dibiarkan terbuka, dengan menggantung pada suatu tempat yang dijaga kelembabannya. Akar dan tubuh tanaman disemprot dengan larutan pupuk yang mengandung nutrisi tanaman. Tanaman tersebut akan mengisap nutrisi melalui tubuh dan akar.
Coba Anda jelaskan dengan cara apakah akar tersebut menyerap nutrisi! Apakah secara difusi atau osmosis, berikan alasan yang jelas dan tepat!

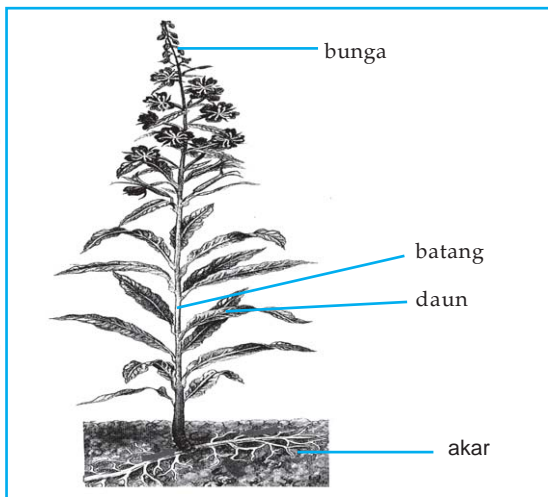
BAB 2

JARINGAN TUMBUHAN DAN HEWAN

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari tentang struktur jaringan tumbuhan dan hewan. Dengan mempelajari materi ini, diharapkan Anda dapat mengidentifikasi struktur jaringan tumbuhan dan hewan serta mengetahui fungsinya sehingga dapat memanfaatkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997



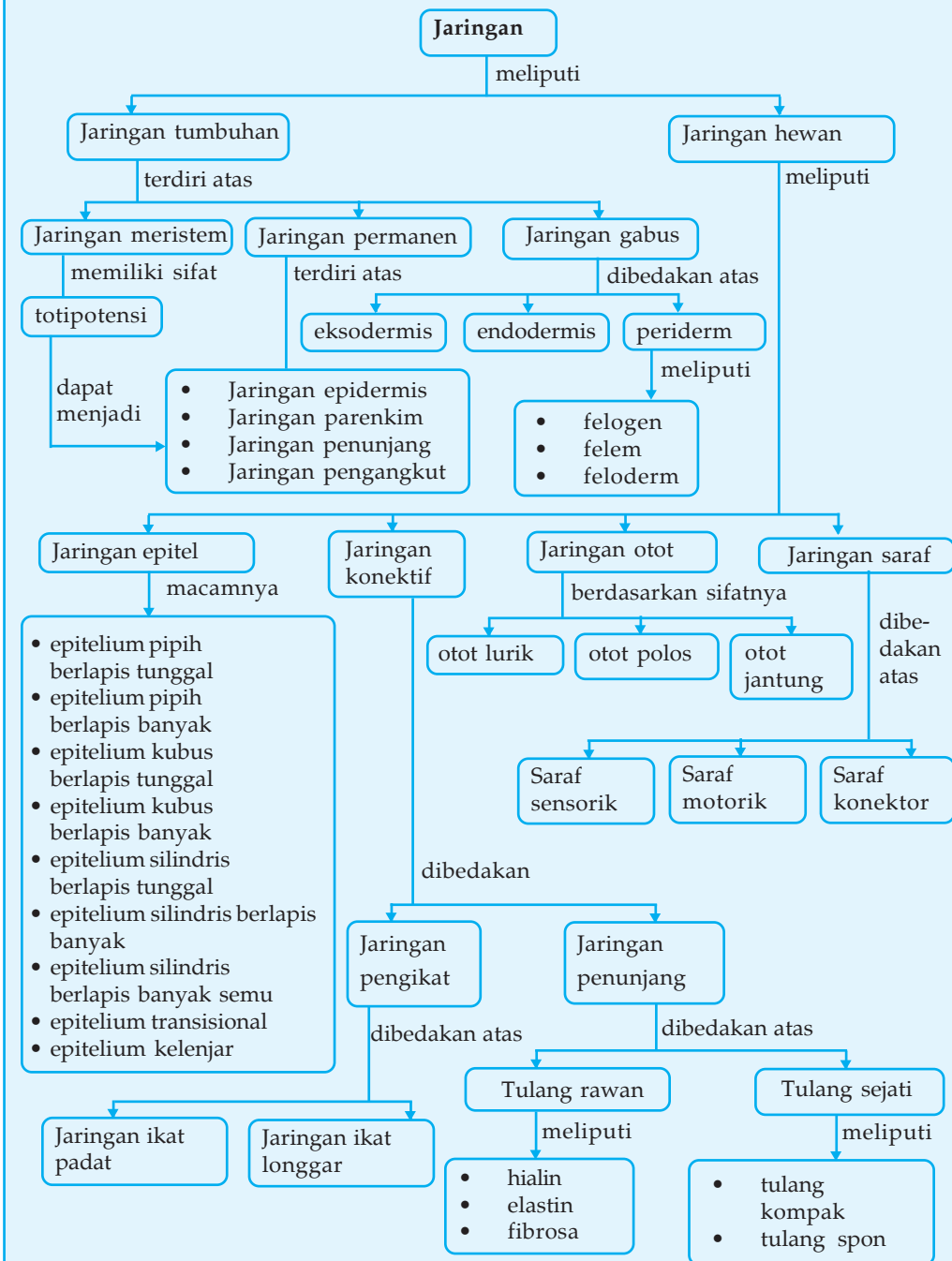
Gambar 2.1 Tumbuhan dan bagian-bagiannya

Kata Kunci

- jaringan
- meristem
- epidermis
- parenkim
- xilem
- floem
- akar
- batang
- daun
- epitel
- otot
- saraf
- lemak

Tubuh tumbuhan dan hewan tersusun atas jaringan, tubuh kita pun demikian pula. Jaringan yang menyusun tubuh tumbuhan dan hewan banyak sekali dan memiliki beragam bentuk dan fungsi. Coba perhatikan Gambar 2.1!

PETA KONSEP



Dari Gambar 2.1 Anda dapat melihat organ tumbuhan yang terdiri atas daun, batang, bunga, dan akar. Organ-organ tersebut memiliki bagian-bagian lebih kecil yang berbeda-beda dan tersusun dari luar ke arah dalam. Bagian-bagian organ yang memiliki struktur berbeda-beda itu disebut *jaringan*.

Jika Anda perhatikan, jaringan yang menyusun organ tumbuhan mempunyai bentuk dan ukuran tidak sama serta masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda-beda pula.

A JARINGAN TUMBUHAN

Jaringan-jaringan pada tumbuhan ada yang bersifat *meristematis*, yaitu jaringan muda yang masih aktif membelah dan ada juga yang bersifat *permanen*, yaitu jaringan dewasa yang tidak membelah.

1. Jaringan Meristem

Jika diperhatikan, tumbuhan dewasa tidak langsung menjadi besar dengan tiba-tiba. Pertumbuhannya dimulai dari kecil, kemudian seiring bertambahnya waktu, maka dia akan bertambah besar. Mengapa bisa terjadi seperti itu? Ketika belajar di SMP/MTs, Anda pernah mendapatkan materi pelajaran tentang jaringan meristem. Coba ingat kembali tentang jaringan meristem itu!

Untuk membuktikan kerja dari jaringan meristem tumbuhan, Anda dapat mengamati tumbuh-tumbuhan di sekitar rumah atau lingkungan! Jika Anda amati, ternyata tanaman itu semakin hari akan bertambah tinggi atau panjang dan besar. Tahukah Anda, apakah penyebabnya? Pertumbuhan tinggi dan besar ini disebabkan adanya aktivitas pembelahan pada jaringan tumbuhan. Jaringan yang aktif membelah ini disebut *jaringan meristem*.

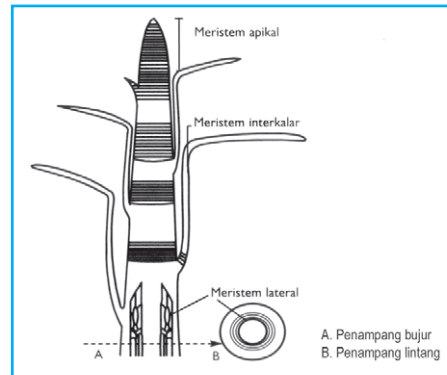
Jaringan meristem mempunyai sifat-sifat antara lain, terdiri atas sel-sel muda dalam fase pembelahan dan pertumbuhan. Pada jaringan meristem, biasanya tidak ditemukan adanya ruang antarsel, di antaranya sel-sel meristem. Sel-sel meristem berbentuk bulat, lonjong atau poligonal dengan dinding sel yang tipis. Masing-masing selnya mengandung banyak sitoplasma dan mengandung satu atau lebih inti sel. Vakuola sel pada sel-sel meristem sangat kecil dan kadang-kadang tidak ada.

Meristem dikelompokkan berdasarkan berbagai kriteria, antara lain berdasarkan letaknya dan terjadinya. Untuk selanjutnya akan dibahas pada uraian di bawah ini.

Berdasarkan letaknya, meristem dibedakan sebagai berikut.

a. Meristem Ujung (Apikal)

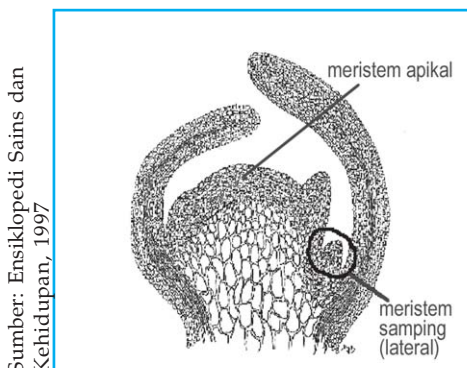
Meristem ujung (apikal) merupakan jaringan muda yang terbentuk oleh sel-sel initial yang berada pada ujung-ujung dari alat-alat tumbuhan. Dengan adanya meristem ini, tumbuhan dapat bertambah tinggi dan panjang. Meristem ini dapat Anda lihat pada Gambar 2.2.



Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005.

Gambar 2.2 Meristem ujung

b. Meristem Samping (Lateral)



Gambar 2.3 Meristem samping

Meristem lateral merupakan jaringan muda yang terbentuk oleh sel-sel initial yang terletak antara bagian alat-alat tumbuhan (antara jaringan-jaringan dewasa). Akibat aktivitas meristem ini tumbuhan akan mengalami penambahan besar ke samping. Coba Anda sebutkan tumbuhan apa saja di sekitar Anda yang dapat mengalami pertumbuhan membesar pada batangnya. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 2.3!

Berdasarkan terjadinya, jaringan meristem dibedakan menjadi dua.

a. Meristem Primer

Meristem primer merupakan jaringan muda yang berasal dari sel-sel initial yang disebut promeristem. Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh **Haberlandt**, promeristem akan berkembang menjadi protoderm, prokambium, dan meristem dasar. Protoderm akan berdeferensiasi menjadi

jaringan epidermis, prokambium akan berdeferensiasi menjadi sistem jaringan pengangkut, sedangkan meristem dasar akan berkembang menjadi parenkim (jaringan dasar).

Meristem primer terletak pada ujung akar dan ujung batang tumbuhan. Menurut **Hanstein**, pada bagian ujung akar dibagi menjadi tiga daerah, yaitu :

- 1) *dermatogen* yang akan berkembang menjadi epidermis;
- 2) *periblem* yang akan berkembang menjadi korteks;
- 3) *pleron* yang akan berkembang menjadi stele.

Meristem pada ujung batang menurut **Schmidt** dibagi menjadi dua bagian.

- 1) Korpus

Bagian ini merupakan bagian pusat dari titik tumbuh, yang memiliki area yang luas dan sel-selnya relatif besar. Sel-sel pada bagian korpus ini akan membelah secara tak beraturan.

- 2) Tunika

Bagian ini merupakan bagian paling luar dari titik tumbuh. Tunika terdiri atas satu atau beberapa lapis sel, dengan sel-sel yang relatif kecil dan mengalami pembelahan ke samping (ke arah lateral).

b. Meristem Sekunder

Meristem ini berasal dari jaringan dewasa dan selanjutnya berubah menjadi meristematis. Sel-sel meristem sekunder berbentuk pipih atau prisma yang di bagian tengahnya terdapat vakuola. Contohnya, kambium dan kambium gabus. Kambium dijumpai di dalam batang dan akar dari tumbuhan golongan dikotil dan Gymnospermae, serta beberapa tumbuhan dari golongan monokotil (*Agave*, *Aloe*, *Jucca*, dan *Draceana*). Kambium gabus terdapat pada kulit batang tumbuhan dan dapat membentuk jaringan gabus yang sukar dilalui air.

2. Jaringan Permanen/Dewasa

Jaringan permanen (dewasa) merupakan jaringan yang tidak aktif membelah lagi dan sudah mengalami diferensiasi. Jaringan ini mempunyai ukuran yang relatif besar dibandingkan sel-sel meristem. Jaringan permanen memiliki vakuola yang besar sehingga plasma sel sedikit dan merupakan selaput yang menempel pada dinding sel. Sel-selnya telah mengalami penebalan dinding sesuai dengan fungsinya, dan di antara sel-selnya dijumpai ruang antarsel.

Untuk mengetahui struktur jaringan epidermis, amatilah dengan mikroskop preparat awetan yang ada di sekolah atau Anda dapat membuat preparat irisan sendiri dengan menggunakan batang tumbuhan tertentu. Untuk lebih jelasnya lakukan kegiatan berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 1

Tujuan : Mengetahui dan memahami struktur jaringan tumbuhan

Alat dan Bahan :

1. Batang tanaman muda jagung
2. Larutan iodin
3. Pisau silet
4. Pipet tetes
5. Objek glass
6. Kaca penutup
7. Mikroskop

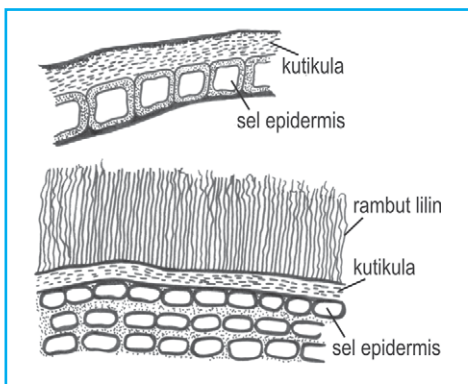
Cara Kerja :

1. Siapkan irisan melintang batang tanaman jagung muda. Usahakan irisan setipis mungkin.
2. Letakkan irisan tadi di atas objek glass dan tetesi dengan Iodin, kemudian tutuplah dengan kaca penutup.
3. Amatilah di bawah mikroskop.
4. Gambarlah sel lengkap dari hasil pengamatan Anda ini.
5. Tentukan jaringan-jaringan yang menyusun batang tanaman tadi.
6. Tulislah ciri-ciri masing-masing jaringan tersebut dan jelaskan fungsinya masing-masing.
7. Konsultasikan hasil pengamatan Anda pada guru pengampu pelajaran Biologi!

Dari pengamatan Anda pada kegiatan di atas, struktur tumbuhan terdiri atas jaringan-jaringan berikut.

a. Epidermis

Sumber: Ilustrasi Bayu dan Cahyo, 2007.



Gambar 2.4 Epidermis batang tumbuhan

Dari Kegiatan Kelompok 1, Anda sudah mendapatkan struktur jaringan tumbuhan secara lengkap. Dari gambar yang Anda peroleh, coba tentukan letak jaringan epidermis! Berapa lapisakah banyaknya sel epidermis? Gambarlah susunan sel epidermis dan bandingkan dengan gambar epidermis pada Gambar 2.4!

Jaringan epidermis ini berada paling luar pada alat-alat tumbuhan primer seperti akar, batang daun, bunga, buah, dan biji. Epidermis tersusun atas satu lapisan sel saja. Bentuknya bermacam-macam, misalnya *isodiametris* yang memanjang, berlekuk-lekuk, atau menampakkan bentuk lain. Epidermis tersusun sangat rapat sehingga tidak terdapat ruangan-ruangan antarsel. Epidermis merupakan sel hidup karena masih mengandung protoplas, walaupun dalam jumlah sedikit. Terdapat vakuola yang besar di tengah dan tidak mengandung plastida.

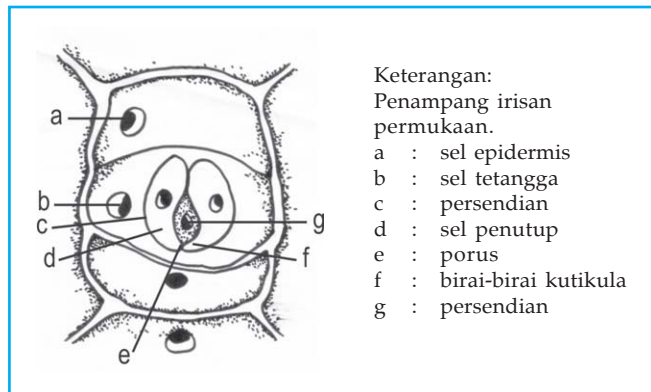
Penebalan-penebalan yang terjadi pada membran sel epidermis biasanya merupakan penebalan sekunder yang terdiri atas selulosa yang berwujud sebagai garis-garis *lamela*. Pada tanaman kering (*xerophita*), penebalan tidak hanya mengandung selulosa saja, tetapi juga mengandung zat kitin. Selain itu, pada membran sel yang saling berhadapan dengan udara lingkungannya, umumnya penebalan semakin tebal karena adanya lapisan kutikula sehingga sel-sel epidermisnya menjadi sulit untuk dilalui air dan penguapan menjadi terbatas. Pada tumbuhan air (*hidrophita*), membran selnya tidak mengandung zat kitin maupun kutikula, kadang-kadang mengandung lemak dan damar.

Pada tumbuhan tertentu, lapisan epidermis selain mengandung kutikula juga mengandung lapisan lilin yang tidak dapat ditembus air. Pada tumbuhan golongan *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Equisetinae*, memiliki permukaan yang keras dan kaku. Ini disebabkan adanya zat-zat karbonat dan kersik pada sel-sel epidermis. Pada tumbuhan *Ficus elastica* terdapat hidrodermis yang bisa berfungsi sebagai tempat penyimpanan air.

Sel-sel initial epidermis sebagian dapat berkembang menjadi alat-alat tambahan lain yang sering disebut derivat epidermis, seperti stomata, trikoma, dan sel kipas.

1) Stomata

Stomata adalah celah yang terdapat pada epidermis organ tumbuhan. Pada semua tumbuhan yang berwarna hijau, lapisan epidermis mengandung stomata paling banyak pada daun. Stomata terdiri atas bagian-bagian yaitu sel penutup, bagian celah, sel tetangga, dan ruang udara dalam. Sel tetangga berperan dalam perubahan osmotik yang menyebabkan gerakan sel penutup yang mengatur lebar celah. Sel penutup dapat terletak sama tinggi dengan permukaan epidermis (*panerofor*) atau lebih rendah dari permukaan epidermis (*kriptofor*) dan lebih tinggi dari permukaan epidermis (menonjol). Pada tumbuhan dikotil, sel penutup biasanya berbentuk seperti ginjal bila dilihat dari atas. Sedangkan pada tumbuhan rumput-rumputan memiliki struktur khusus dan seragam dengan sel penutup berbentuk seperti halter dan dua sel tetangga terdapat masing-masing di samping sebuah sel penutup. Untuk memahami struktur stomata, Anda dapat melihatnya pada Gambar 2.5!



Sumber: Anatomi Tumbuhan, 1991

Gambar 2.5 Struktur stomata pada tumbuhan

2) Trikoma

Trikoma terdiri atas sel tunggal atau banyak sel. Struktur yang menyerupai trikoma, tetapi tidak besar dan terbentuk dari jaringan epidermis atau di bawah epidermis disebut *emergensia*, sedangkan apabila terbentuk dari jaringan stele disebut *spina*.

Peranan trikoma bagi tumbuhan, antara lain sebagai berikut.

- Trikoma yang terdapat pada epidermis daun berfungsi untuk mengurangi penguapan.
- Menyerap air serta garam-garam mineral.
- Mengurangi gangguan hewan.

Trikoma dibedakan menjadi dua, yaitu :

- Trikoma Glanduler

Trikoma glanduler merupakan trikoma yang dapat menghasilkan sekret. Trikoma glanduler dapat bersel satu atau banyak. Tumbuhan yang memiliki trikoma glanduler, contohnya, tembakau (*Nicotiana tabacum*) yang terletak pada daunnya.

Macam-macam trikoma glanduler antara lain:

- trikoma hidatoda, terdiri atas sel tangkai dan beberapa sel kepala dan mengeluarkan larutan yang berisi asam organik;
- kelenjar madu, berupa rambut bersel satu atau lebih dengan plasma yang kental dan mampu mengeluarkan madu ke permukaan sel;
- kelenjar garam terdiri atas sebuah sel kelenjar besar dengan tangkai yang pendek.

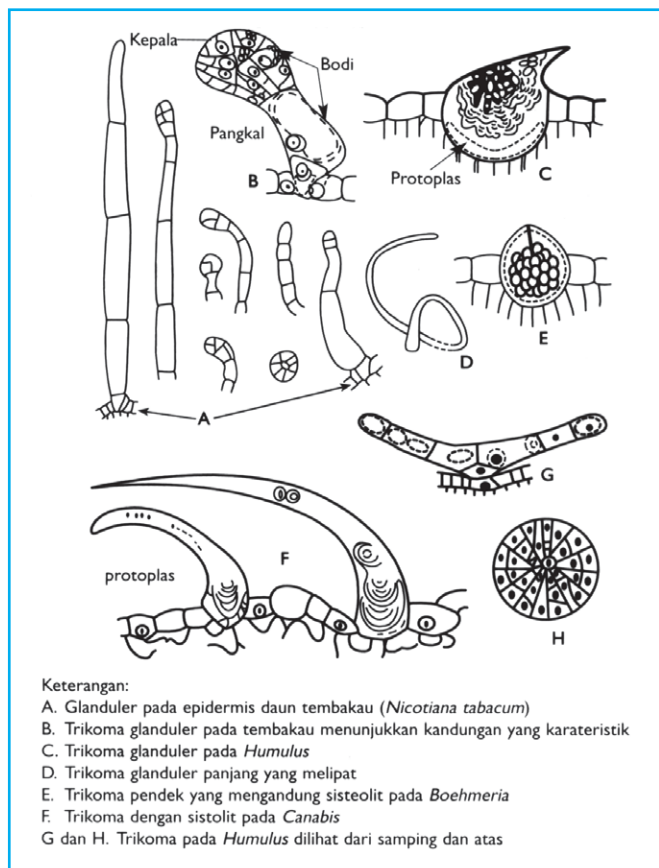
- (4) Rambut gatal, berupa sel tunggal dengan pangkal berbentuk kantong dan ujung runcing. Isi sel menyebabkan rasa gatal.

b) Trikoma Nonglanduler

Trikoma ini tidak menghasilkan sekret. Macam-macam Trikoma nonglanduler, antara lain:

- (1) rambut sisik, misalnya pada daun durian;
- (2) rambut bercabang, misalnya pada daun waru;
- (3) rambut akar.

Untuk memahami struktur trikoma, perhatikan Gambar 2.6!

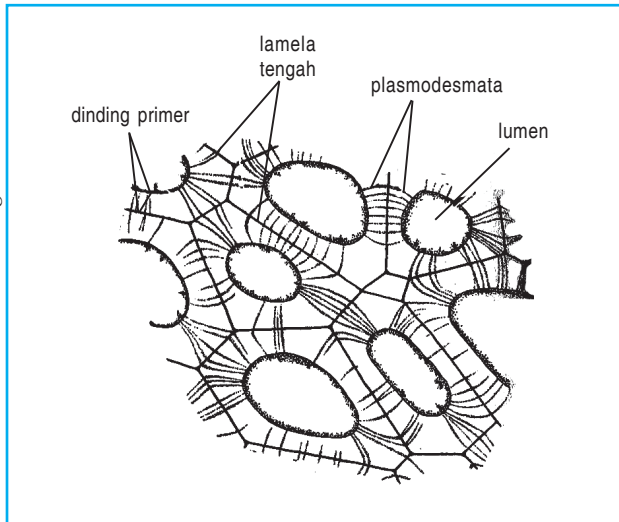


Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005.

Gambar 2.6
Bentuk trikomata yang bervariasi

b. Parenkim

Untuk mengamati jaringan parenkim, gunakan preparat yang telah Anda buat pada Kegiatan Kelompok 1. Tentukan letak jaringan parenkim! Bagaimanakah bentuk dan susunannya? Apakah parenkim mempunyai kloroplas? Identifikasikan ciri-ciri dari jaringan parenkim! Gambarlah jaringan parenkim tersebut dan bandingkan dengan Gambar 2.7!



Gambar 2.7 Jaringan parenkim tumbuhan

Parenkim merupakan jaringan yang terbentuk atas sel hidup. Jaringan parenkim disebut juga jaringan dasar karena hampir pada setiap tumbuhan akan terdapat parenkim. Jaringan parenkim terdapat pada jaringan-jaringan lain. Selain itu, jaringan parenkim disebut juga jaringan pemula karena pada tumbuhan primitif tubuhnya hanya terdiri atas sel-sel parenkim.

Jaringan parenkim memiliki membran sel yang tipis dan jarang mengandung lignin. Sel ini masih melakukan aktivitas hidup dan mempunyai vakuola yang berisi zat makanan. Jaringan parenkim memiliki kloroplas dan berbentuk poligonal dengan banyak ruang antarsel untuk pertukaran udara. Selain membentuk jaringan sederhana, sel parenkim merupakan komponen dari dua jaringan kompleks, yaitu xilem dan floem.

Beberapa organ tubuh tumbuhan yang mengandung jaringan parenkim adalah sebagai berikut.

1) Batang

Jaringan parenkim pada batang terdapat pada empulur dan di antara epidermis dan pembuluh angkut.

2) Akar

Jaringan parenkim pada akar juga terletak di antara epidermis dan pembuluh angkut sebagai korteks.

3) Mesofil daun

Jaringan parenkim pada mesofil daun kadang-kadang berdiferensiasi menjadi jaringan tiang dan bunga karang.

4) Pembentuk daging buah

5) Pembentuk endosperma

Jaringan parenkim dibedakan berdasarkan fungsi dan bentuknya. Macam-macam jaringan parenkim berdasarkan fungsinya, antara lain seperti berikut.

1) Parenkim Asimilasi (Klorenkim)

Parenkim asimilasi banyak mengandung klorofil sehingga dapat bermanfaat untuk proses fotosintesis.

2) Parenkim Udara (Aerenkim)

Pada parenkim udara terdapat ruang antarsel, fungsinya adalah untuk aerasi atau pertukaran gas pada tanaman air, yaitu untuk mengapung pada permukaan air.

3) Parenkim Air

Parenkim air berfungsi untuk menyimpan air. Parenkim ini dijumpai pada tumbuhan xerofit dan epifit. Contohnya, parenkim yang terdapat pada tumbuh-tumbuhan *Agave* dan *Aloe*.

4) Parenkim Makanan

Parenkim ini berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan. Bisa terdapat pada akar, umbi, buah, dan batang. Makanan cadangan tersebut dapat berbentuk zat-zat padat, misalnya tepung, protein, lemak, dan tetes-tetes minyak

5) Parenkim Pengangkut

Jaringan parenkim pengangkut berguna sebagai alat pengangkut yang menghubungkan jaringan-jaringan sebelah luar dan dalam yang disebut dengan parenkim jari-jari empulur.

Berdasarkan bentuknya, parenkim dibedakan menjadi empat.

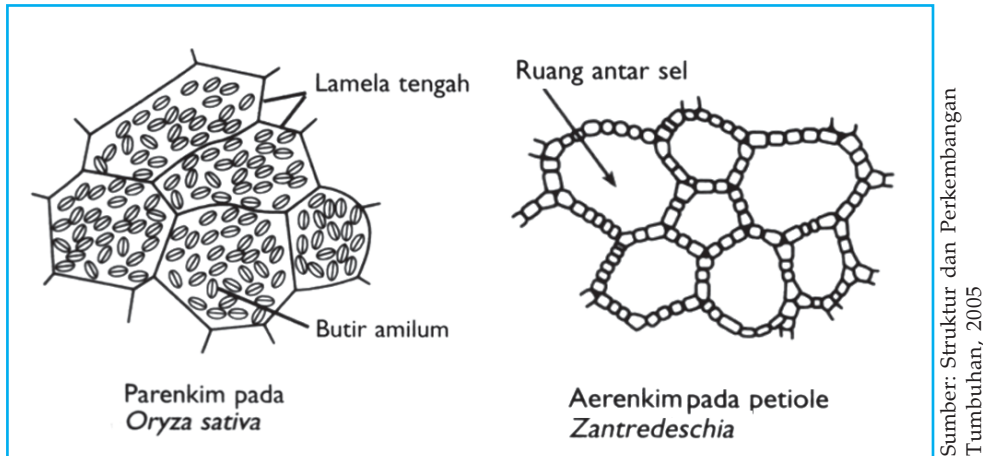
1) Parenkim palisade, merupakan parenkim penyusun mesofil, kadang pada biji berbentuk sel panjang, tegak, mengandung banyak kloroplas.

2) Parenkim bunga karang, juga merupakan parenkim penyusun mesofil daun. Bentuk dan ukuran parenkim ini tak teratur dengan ruang antarsel yang lebih besar.

3) Parenkim bintang, berbentuk seperti bintang bersambungan ujungnya misalnya pada tangkai daun *Canna sp.*

- 4) Parenkim lipatan, dinding selnya mengadakan lipatan ke arah dalam serta banyak mengandung kloroplas. Misalnya pada mesofil daun pinus dan padi.

Coba perhatikan bagian-bagian jaringan parenkim pada Gambar 2.8 berikut!



Gambar 2.8 Jaringan parenkim

c. Jaringan Penunjang (Mekanik)

Coba perhatikan pohon berbatang besar dan tinggi yang ada di sekitar lingkungan Anda! Misalnya, pohon jambu air, mangga, nangka, dan sebagainya. Walaupun ada angin menerpa, batang pohon tersebut tetap berdiri tegak. Pada saat musim kemarau, pohon-pohon itu masih bisa berdiri tegak dan kuat walaupun saat itu kandungan air berkurang. Mengapa bisa demikian? Itu disebabkan pada tumbuhan tersebut terdapat jaringan mekanik.

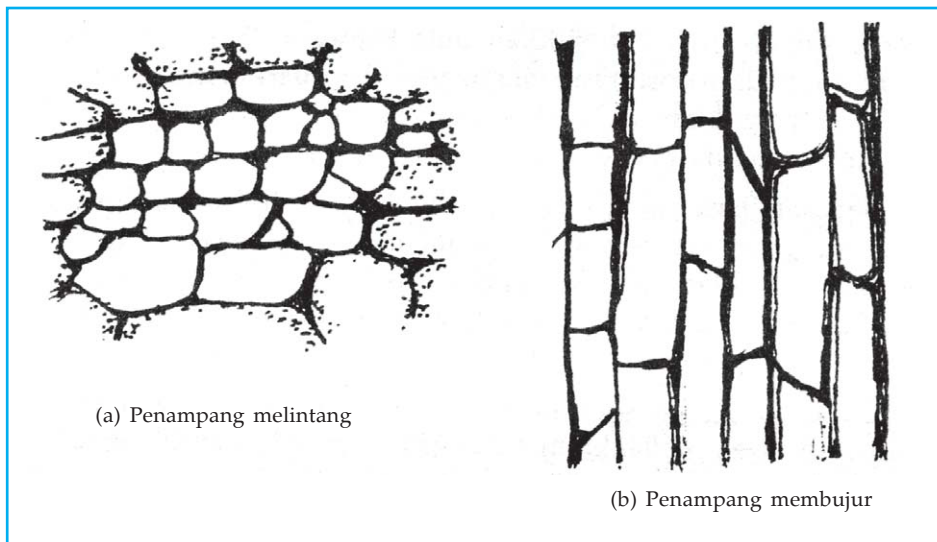
Jaringan mekanik berfungsi untuk kekuatan pada tumbuhan tingkat tinggi. Pada tumbuhan tingkat tinggi yang berbatang besar dan tinggi, pengaruh kekurangan kandungan air pada sel-selnya dapat diatasi dengan adanya jaringan mekanik ini, sehingga tumbuhan tetap tegak tanpa mengalami kelayuan, bahkan pada pohon yang berbatang kecil pun walaupun kekurangan air dan diterpa angin akan tetap kokoh berdiri dan tidak layu karena adanya jaringan mekanik ini. Pada tumbuhan tingkat rendah yang belum terdapat jaringan mekanik, maka sebagai penguat tubuhnya adalah tekanan turgor atau tekanan dinding selnya.

Sesuai dengan fungsinya sebagai penguat tubuh tumbuhan, maka jaringan mekanik ini memiliki dinding sel yang tebal, mengandung lignin, dan zat-zat lainnya yang memberi sifat keras pada dinding sel.

Jaringan mekanik dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

1) Kolenkim

Untuk memahami struktur kolenkim, Anda masih bisa menggunakan preparat pada Kegiatan Kelompok 1. Coba tentukan letak jaringan kolenkim tersebut! Bagaimana bentuk dan susunan selnya? Identifikasikan ciri-cirinya dan gambarkan struktur sel kolenkim tersebut! Bandingkan dengan Gambar 2.9 Contoh dari penampang melintang dan membujur tumbuhan *Solanum tuberosum*.



Sumber: Anatomi Tumbuhan, 1991

Gambar 2.9 Kolenkim batang tumbuhan *Solanum tuberosum*.

Jaringan kolenkim terjadi dari prokambium. Jaringan ini terdapat pada organ tumbuhan yang masih aktif mengadakan pertumbuhan dan perkembangan. Keadaan selnya tidak memiliki lignin dan tersusun atas satu macam sel yang mengandung kloroplas, sehingga kolenkim bisa berfungsi untuk fotosintesis. Bila sel ini dilihat dengan mikroskop, terlihat bahwa dinding selnya jernih, putih, mengkilat.

Jaringan kolenkim terdapat pada organ tumbuhan, terutama pada golongan dikotil yaitu pada bagian daun, batang, dan bunga. Jarang terdapat pada bagian akar yang berada dalam tanah. Hanya kadang-kadang tumbuhan yang akarnya menjulang di atas tanah didapati jaringan kolenkim. Pada beberapa golongan tumbuhan monokotil, jaringan kolenkim tidak terdapat pada jaringan batang maupun daunnya, hal ini disebabkan karena yang berkembang lebih dahulu adalah jaringan mekanik yang berupa jaringan sklerenkim. Letak jaringan yaitu pada jaringan perifer, tepat di bawah epidermis daun dan batang.

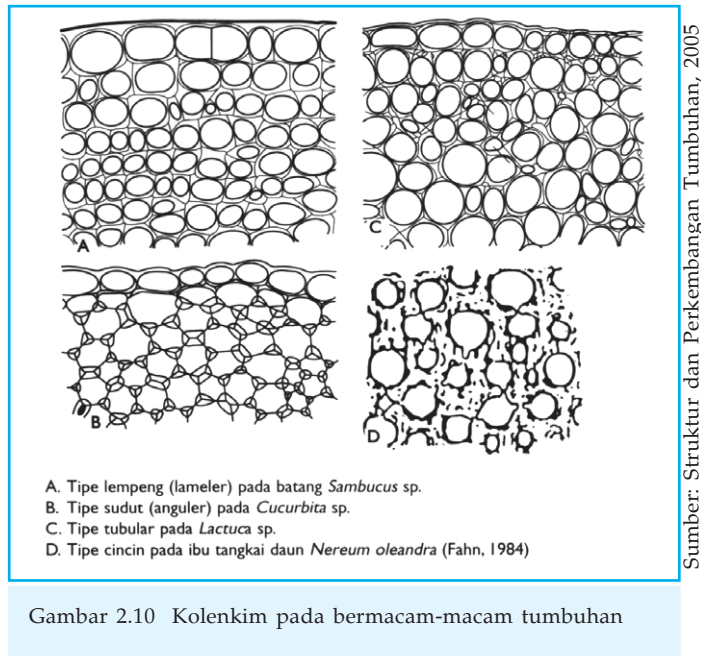
Bentuk sel kolenkim ada yang panjang dan pendek. Sel yang pendek berbentuk seperti prisma, sedangkan yang panjang bentuknya hampir mirip dengan serat-serat dengan ukuran ± 2 mm. Dinding sel kolenkim mengalami penebalan-penebalan setempat berupa zat pektin.

Berdasarkan letak penebalannya, kolenkim dibedakan menjadi empat.

Tabel 2.1 Macam-Macam Kolenkim

No	Macam Kolenkim	Keterangan
1.	Kolenkim sudut (<i>angular</i>)	Penebalan berlangsung pada bagian-bagian sudutnya, dan memanjang mengikuti sumbu sel. Contohnya, pada tangkai daun <i>Vitis</i> sp, <i>Begonia</i> sp, <i>Solanum tuberosum</i>
2.	Kolenkim papan (<i>lamellar</i>)	Penebalan terjadi pada dinding sel yang tangensial (sejajar permukaan organ), sehingga pada irisan melintang terlihat seperti papan yang berderet-deret. Contohnya, pada korteks batang <i>Sambucus javanica</i> .
3.	Kolenkim tubular (<i>lakuna</i>)	Terdapat pada kolenkim yang mempunyai ruang-ruang antarsel dan penebalan-penebalannya terjadi pada permukaan ruang-ruang antara sel tersebut. Contohnya, pada tangkai daun <i>Salvina</i> , <i>Malva</i> , dan <i>Althaea</i>
4.	Kolenkim tipe cincin	Pada penampang lintang lumen sel berbentuk lingkaran. Pada waktu menjelang dewasa terlihat bahwa karena pada tipe sudut penebalan bersambungan pada dinding sel, maka lumen tidak menyudut lagi.

Untuk memahami tipe-tipe kolenkim seperti dijelaskan di atas dapat Anda perhatikan Gambar 2.10!



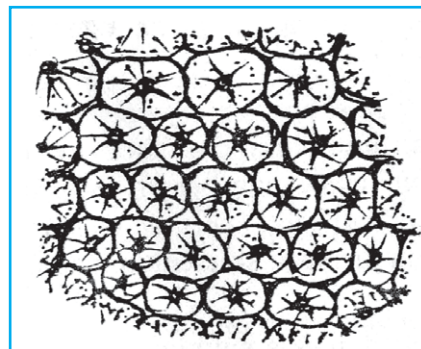
Gambar 2.10 Kolenkim pada bermacam-macam tumbuhan

2) Sklerenkim

Gunakan pula Kegiatan Kelompok 1 untuk mengamati struktur sklerenkim. Coba tentukan letak sklerenkim! Bagaimana bentuk dan susunannya? Perhatikan, apakah sklerenkim itu merupakan sel hidup atau sel mati! Identifikasi ciri-ciri sklerenkim tersebut, kemudian gambarkan strukturnya! Bandingkan dengan gambar sklerenkim yang benar pada Gambar 2.11!

Jaringan sklerenkim merupakan jaringan mekanik yang hanya terdapat pada organ tumbuhan yang tidak lagi mengadakan pertumbuhan dan perkembangan atau organ tumbuhan yang telah tetap. Sklerenkim berfungsi untuk menghadapi segala tekanan sehingga dapat melindungi jaringan-jaringan yang lebih lemah.

Sklerenkim tidak mengandung protoplas, sehingga sel-selnya telah mati. Dinding selnya tebal karena berlangsung penebalan sekunder sebelumnya yang terdiri atas zat lignin. Jaringan sklerenkim dibedakan menjadi dua.



Gambar 2.11 Sklerenkim pada tumbuhan

Sumber: Anatomi Tumbuhan, 1991

a) Serat-Serat Sklerenkim (*Fibers*)

Serat-serat sklerenkim terdiri atas sel-sel yang berukuran panjang ± 2 mm dan samping yang ujungnya runcing. Serat-serat sklerenkim merupakan sel-sel yang sudah mati.

Dinding selnya mengalami penebalan dari zat kayu dan mengandung lamela-lamela selulosa sehingga lumen selnya sempit. Serat ini berbentuk poligon, yaitu segi lima atau segi enam. Noktah-noktahnya sempit yang berbentuk bagai saluran-saluran sempit miring. Serat-serat sklerenkim pada tumbuh-tumbuhan terbentuk bersamaan dengan saat-saat terhentinya pertumbuhan organ-organ pada tumbuhan.

Serat-serat sklerenkim terdapat dalam bentuk untaian yang terpisah-pisah atau dalam bentuk lingkaran di dalam korteks dan floem, dalam kelompok-kelompok yang tersebar dalam xilem dan floem. Pada *Gramineae*, serat-serat sklerenkim tersusun dalam suatu sistem berbentuk lingkaran berlekuk-lekuk yang dihubungkan dengan epidermis. Untuk lebih jelas, perhatikan Gambar 2.12.

Ada dua macam jenis serat sklerenkim, yaitu sebagai berikut.

(1) Serat di Luar Xilem (*Ekstraxilar*)

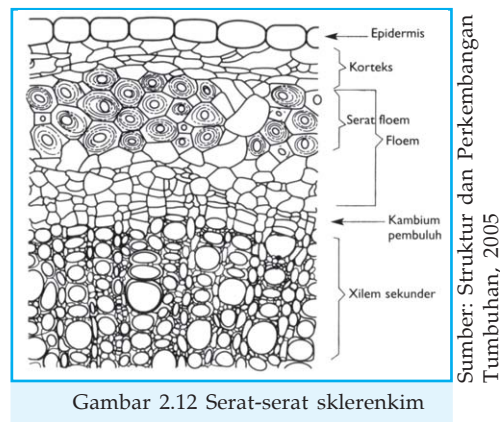
Serat ekstraxilari ada yang berlignin dan ada pula yang tidak. Serat ini dapat digunakan untuk membuat tali, karung goni, dan bahan dasar tekstil untuk pakaian.

(2) Serat Xilem (*Xilar*)

Jenis serat ini merupakan komponen utama kayu karena dindingnya mengandung lignin yang menyebabkan dindingnya keras dan kaku.

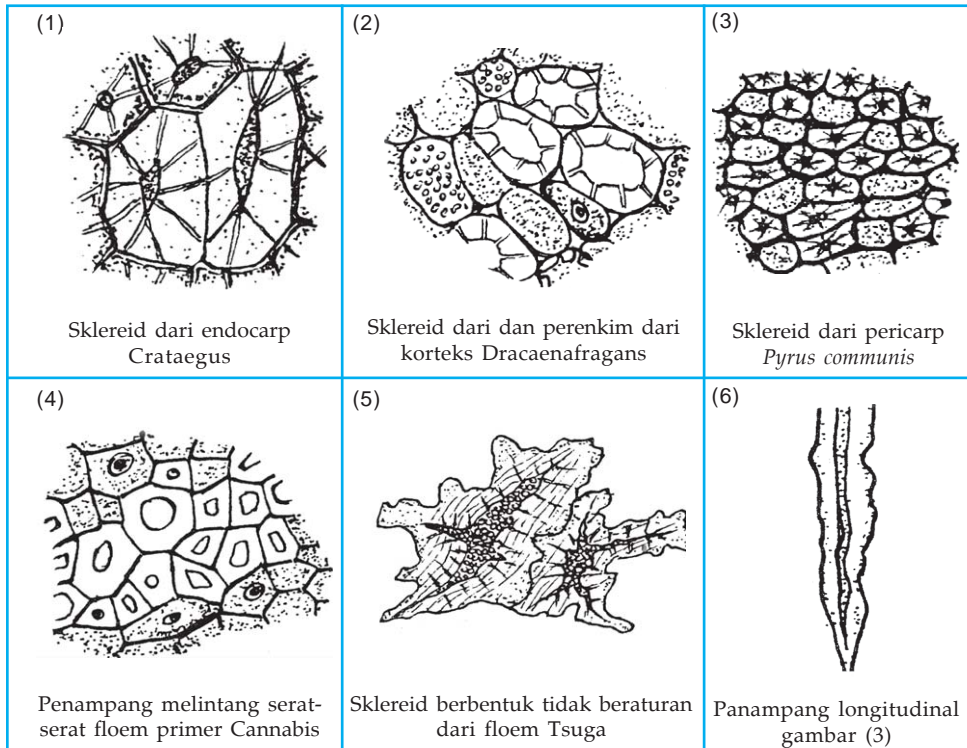
b) Sel-Sel Batu (*Skleroid*)

Skleroid terdapat pada bagian tumbuhan, antara lain di dalam korteks, floem, buah, dan biji. Dinding skleroid tersusun atas selulosa yang mengandung zat lignin yang tebal dan keras. Pada beberapa tumbuhan, kadang-kadang ditemukan pula zat suberin dan kutin. Sel-selnya mempunyai noktah yang sempit dan celahnya bundar, membentuk saluran yang disebut saluran noktah. Lumen sel sangat sempit karena adanya penebalan-penebalan dinding sel.



Gambar 2.12 Serat-serat sklerenkim

Sklereid mungkin bisa dijumpai dalam bentuk tunggal atau kelompok kecil di antara sel-sel, misalnya butiran seperti pasir pada daging buah jambu biji atau suatu masa sinambung seperti pada tempurung kelapa yang keras. Untuk memahami struktur sel-sel batu ini, perhatikan Gambar 2.13 berikut ini!



Sumber: Anatomi Tumbuhan, 1991

Gambar 2.13 Struktur sel-sel batu (sklereid)

d. Jaringan Pengangkut

Jaringan pengangkut pada tubuh tumbuhan terdiri atas xilem dan floem. Jaringan ini merupakan jaringan khusus. Kegunaannya bagi tumbuhan-tumbuhan, yaitu sebagai jaringan untuk mengangkut zat-zat mineral yang diserap oleh akar dari tanah atau zat-zat makanan yang telah dihasilkan pada daun untuk disalurkan ke bagian-bagian lainnya yang semuanya memungkinkan tumbuhan untuk hidup dan berkembang.

Jaringan pengangkut hanya terdapat pada tumbuhan tingkat tinggi, sedangkan pada tumbuhan tingkat rendah tidak ditemui jaringan ini. Hal ini disebabkan pada tumbuhan tingkat rendah pengangkutan air dan zat-zat makanan cukup berlangsung dari sel ke sel.

Jaringan pengangkut dibedakan menjadi dua, yaitu xilem dan floem. Untuk mengetahui struktur jaringan pengangkut (xilem dan floem) lakukan kegiatan pengamatan dengan mikroskop berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 2

Tujuan : Mengetahui struktur berkas pengangkutan xilem dan floem

Alat dan Bahan :

- | | |
|--------------------------|------------------|
| 1. Batang bunga matahari | 5. Objek glass |
| 2. Larutan iodin | 6. Gelap penutup |
| 3. Pisau silet | 7. Mikroskop |
| 4. Pipet tetes | |

Cara Kerja :

1. Siapkan batang bunga matahari yang masih muda agar mudah diiris, kemudian irislah melintang dan memanjang dengan menggunakan pisau silet. Pada irisan memanjang usahakan agar irisan setipis mungkin dan mengenai ikatan pembuluh.
2. Letakkan tiap bagian pada objek glass dan tetesi dengan iodin, kemudian tutuplah dengan gelas penutup.
3. Amatilah preparat ke-1 di bawah mikroskop yang merupakan penampang melintang xilem dan floem. Lalu amatilah preparat ke-2 untuk melihat bentuk berkas pengangkut dengan arah memanjang.
4. Gambarlah bagian xilem dan floem pada irisan melintang dan memanjang.
5. Bandingkan antara keduanya.
6. Buatlah kesimpulan dari pengamatan Anda, lalu presentasikan hasilnya di depan kelompok lain!
7. Konsultasikan hasilnya pada guru yang mengampu!

Berdasarkan pengamatan tersebut, jawablah pertanyaan di bawah ini di buku tugas Anda!

1. Di manakah letak xilem dan floem?
2. Berapa macam sel yang menyusun xilem dan floem? Sel apa sajakah itu dan bagaimanakah ciri-cirinya?

Berdasarkan Kegiatan Kelompok 2, dapat dibuat kesimpulan tentang jaringan xilem dan floem pada batang tumbuhan, yaitu sebagai berikut.

1. Xilem (Pembuluh Kayu)

Fungsi xilem adalah sebagai tempat pengangkutan air dan zat-zat mineral dari akar ke bagian daun. Susunan xilem ini merupakan suatu jaringan pengangkut yang kompleks, terdiri atas berbagai bentuk sel. Selain itu, sel-selnya ternyata ada yang telah mati dan ada pula yang masih hidup, tetapi pada umumnya sel-sel penyusun xilem telah mati dengan membran selnya yang tebal dan mengandung lignin sehingga fungsi xilem juga sebagai jaringan penguat.

Unsur-unsur utama xilem adalah sebagai berikut.

a. Trakeid

Susunan sel trakeid terdiri atas sel-sel yang sempit, dalam hal ini penebalan-penebalan pada dindingnya ternyata berlangsung lebih tebal jika dibandingkan dengan yang telah terjadi pada trakea. Sel-sel trakeid itu kebanyakan mengalami penebalan sekunder, lumen selnya tidak mengandung protoplas lagi. Dinding sel sering bernoktah. Trakeid memiliki dua fungsi, yaitu sebagai unsur penopang dan penghantar air.

b. Trakea (Komponen Pembuluh)

Trakea terdiri atas sel-sel silinder yang setelah dewasa akan mati dan ujungnya saling bersatu membentuk sebuah tabung penghantar air bersel banyak yang disebut pembuluh. Dindingnya berlubang-lubang tempat lewat air dengan bebas dari satu sel ke sel lain sehingga berbentuk suatu tabung yang strukturnya mirip sebuah talang. Kekhususan pada trakea antara lain, ukurannya lebih besar daripada sel-sel trakeid dan membentuk untaian sel-sel longitudinal yang panjang, penebalan-penebalannya terdiri atas zat lignin yang tipis dibandingkan trakeid.

c. Parenkim Xilem

Parenkim xilem biasanya tersusun dari sel-sel yang masih hidup. Dapat dijumpai pada xilem primer dan sekunder. Pada xilem sekunder dijumpai dua macam parenkim, yaitu parenkim kayu dan parenkim jari-jari empulur.

Parenkim kayu sel-selnya dibentuk oleh sel-sel pembentuk fusi unsur-unsur trakea yang sering mengalami penebalan sekunder pada dindingnya.

Parenkim jari-jari empulur tersusun dari sel-sel yang pada umumnya mempunyai dua bentuk dasar, yakni yang bersumbu panjang ke arah radial dan sel-sel bersumbu panjang ke arah vertikal.

Sel-sel parenkim xilem berfungsi sebagai tempat cadangan makanan berupa zat tepung. Zat tepung biasanya tertimbun sampai pada saat-saat giatnya pertumbuhan kemudian berkurang bersamaan dengan kegiatan kambium.

2. Floem

Floem berfungsi untuk mengangkut dan menyebarkan zat-zat makanan yang merupakan hasil fotosintesis dari bagian-bagian lain yang ada di bawahnya. Floem mempunyai susunan jaringan yang sifatnya demikian kompleks, terdiri atas beberapa macam bentuk sel dan di antaranya terdapat sel-sel yang masih tetap hidup atau aktif dan sel-sel yang telah mati.

Sel yang menyusun floem antara lain sel tapis, sel penyerta, sel serabut, kulit kayu, dan sel parenkim kulit kayu. Pada kegiatan mencangkok, bagian ini harus dikelupas habis. Tahukah Anda mengapa demikian? Hal ini dilakukan supaya zat-zat makanan tertimbun pada bagian tersebut sehingga dapat terbentuk akar-akar pada media cangkoknya. Struktur floem dapat Anda lihat pada Gambar 2.14!

Floem terdiri atas unsur-unsur berikut.

a) Unsur-Unsur Tapis

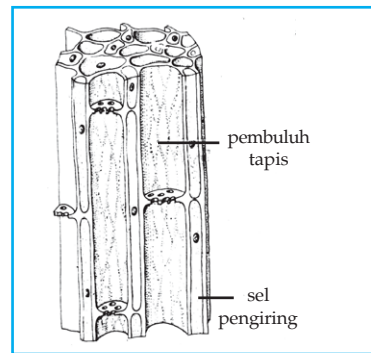
Unsur-unsur tapis memiliki ciri-ciri, yaitu adanya daerah tipis di dinding dan intinya hilang dari protoplas. Daerah tapis merupakan daerah noktah yang termodifikasi dan tampak sebagai daerah cekung di dinding yang berpori-pori. Pori-pori tersebut dilalui oleh plasmodesmata yang menghubungkan dua unsur tapis yang berdampingan. Sel-sel tapis merupakan sel panjang yang ujungnya meruncing di bidang tangensial dan membulat di bidang radial. Dinding lateral banyak mengandung daerah tapis yang berpori. Pada komponen bulu tapis, dinding ujungnya saling berlekatan dengan dinding ujung sel di bawahnya atau di atas sehingga membentuk deretan sel-sel memanjang yang disebut pembuluh tapis.

b) Sel Pengantar

Sel pengantar merupakan sel muda yang bersifat meristematis. Sel-sel pengantar diduga mempunyai peran dalam keluar masuknya zat-zat makanan melalui pembuluh tapis.

c) Sel Albumin

Sel albumin terdapat pada tanaman *Conifer*, yang merupakan sel-sel empulur dan parenkim floem, mengandung banyak zat putih telur dan terletak dekat dengan sel-sel tapis. Diduga sel-sel albumin mempunyai fungsi serupa dengan sel pengantar.



Gambar 2.14 Struktur floem

Sumber: Biologi Kimball, 1994

d) Parenkim Floem

Parenkim floem merupakan sel-sel hidup yang berfungsi untuk menyimpan zat-zat tepung, lemak, dan zat organik lainnya dan juga merupakan tempat akumulasi beberapa zat seperti zat *tannin* dan *resin*.

e) Serat-Serat Floem

Serat-serat floem merupakan sel-sel jaringan yang telah mengayu. Di dalam berkas pengangkut, unsur-unsur xilem dan floem selalu terdapat berdampingan atau salah satu di antaranya terletak mengelilingi unsur lain.

Kenyataan di alam menunjukkan bahwa floem selalu terdapat berpasangan dengan xilem untuk membentuk berkas pengangkut pada tumbuhan. Dalam pengamatan di bawah mikroskop, berkas pengangkut dapat dengan mudah dibedakan dengan jaringan parenkim di sekitarnya karena relatif kecil dan tanpa ruang antarsel. Hanya trakea yang sel-selnya lebih besar dibandingkan sel-sel di sekitarnya.

Berdasarkan letak xilem dan floemnya, berkas pengangkut dibedakan menjadi tiga tipe dasar, yaitu sebagai berikut.

a) Kolateral

Untuk memahami struktur jaringan tipe kolateral ini, lakukan kegiatan di bawah ini!

KEGIATAN KELOMPOK 3

Tujuan : Mengamati tipe berkas pengangkutan pada tubuh tumbuhan.

Alat dan Bahan :

- | | |
|---|----------------|
| 1. Batang tumbuhan dikotil kacang tanah | 5. Pipet tetes |
| 2. Batang tumbuhan monokotil jagung | 6. Objek glass |
| 3. Anilin sulfat | 7. Mikroskop |
| 4. Pisau silet | |

Cara Kerja :

1. Ambil batang atau akar dikotil kacang tanah dan monokotil jagung, kemudian buatlah irisan untuk dibuat preparat pengamatan.
2. Letakkan dua irisan tersebut masing-masing pada objek glass yang sudah disiapkan. Irisan batang atau akar kacang tanah dan jagung letakkan sendiri-sendiri pada objek glass yang berbeda-beda. Kemudian teteskan dengan anilin sulfat dan tutuplah dengan kaca penutup.

3. Amatilah di bawah mikroskop.
4. Bandingkan antara preparat batang atau akar kacang tanah dengan jagung.
5. Gambarlah hasil pengamatan Anda, kemudian jawablah pertanyaan di bawah ini!
 - a. Apakah ada perbedaan dari kedua preparat tersebut?
 - b. Bagaimanakah struktur masing-masing berkas pengangkut kedua preparat tadi?
 - c. Buatlah kesimpulan dari pengamatan ini, dan presentasikan hasilnya di depan kelas.
 - d. Mintalah saran dan pendapat atas kesimpulan itu pada guru pengampu.

Dari Kegiatan Kelompok 3 ini, Anda bisa membedakan 2 tipe berkas pengangkut pada tumbuhan. Kedua tipe berkas pengangkut itu disebut *tipe kolateral*. Pada batang dikotil kacang tanah merupakan tipe kolateral terbuka, sedangkan pada batang monokotil jagung merupakan tipe kolateral tertutup. Jadi bagaimana tipe kolateral itu?

Tipe kolateral terjadi pada berkas pengangkut di mana letak xilem dan floem berdampingan. Floem berada di bagian luar. Tipe kolateral dibedakan menjadi tiga.

1) Kolateral Tertutup

Tipe kolateral tertutup terbentuk bila antara xilem dan floem tidak terdapat kambium, melainkan terdapat parenkim. Berkas pengangkut tipe kolateral tertutup ini kadang dikelilingi jaringan sklerenkim yang sering disebut sebagai seludang berkas pengangkut. Berkas pengangkut tipe kolateral tertutup ini dapat dijumpai pada tumbuhan golongan Monokotil.

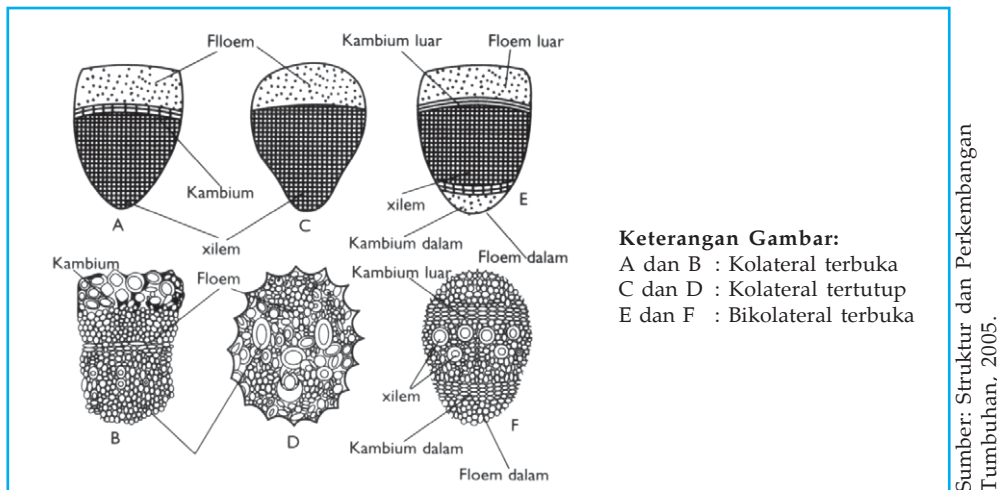
2) Kolateral Terbuka

Pada tipe ini antara xilem dan floem terdapat kambium, misalnya pada tumbuhan dikotil dan Gymnospermae. Pada tipe kolateral terbuka, kambium merupakan penghubung antara xilem dan floem. Berdasarkan letaknya pada tipe ini, kambium dibedakan menjadi dua yaitu *kambium fasikuler*, bila kambiumnya terletak dalam berkas pengangkut dan *kambium interfasikuler* bila kambiumnya terletak di luar berkas pengangkut. Kambium fasikuler berperan dalam pembentukan floem ke arah luar dan xilem ke arah dalam.

3) Bikolateral

Bila xilem terdapat di antara dua xilem dan floem maka disebut bikolateral. Di antara floem bagian luar dan xilem terdapat kambium, sedangkan antara xilem dan floem bagian dalam tidak terdapat kambium. Contohnya, pada tumbuhan *Solanaceae*.

Untuk memahami perbedaan struktur tipe kolateral dapat Anda perhatikan Gambar 2.15 berikut ini!



Gambar 2.15 Kolateral terbuka, kolateral tertutup, dan bikolateral terbuka

b) Konsentris

Untuk memahami tipe konsentris ini, coba Anda lakukan kegiatan seperti Kegiatan Kelompok 3, tetapi bahan preparat diambil dari batang tumbuhan suplir dan akar tumbuhan jagung. Langkah kerjanya pun sama. Jawablah pertanyaan-pertanyaan yang sama pada Kegiatan Kelompok 3 di depan!

Apakah yang dimaksud tipe konsentris itu? Disebut tipe konsentris, yaitu bila jaringan pengangkut yang ada terletak di tengah-tengah, sedangkan unsur jaringan pengangkut lainnya mengelilingi unsur yang berada di tengah itu. Pada tipe konsentris letak xilem dikelilingi floem atau sebaliknya.

Tipe konsentris dibedakan menjadi dua.

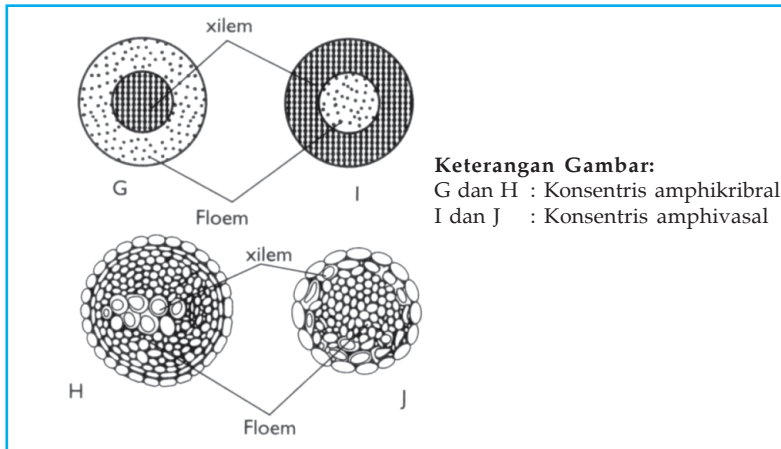
1) Konsentris amfikribal

Pada tipe ini letak xilem berada di tengah-tengah, dan floem mengelilingi xilem tersebut. Umumnya dijumpai pada tumbuhan golongan paku-pakuan (*Pteridophyta*).

2) Konsentris amphivasal

Pada tipe ini letak amphivasal floem berada di tengah-tengah, sedangkan xilem mengelilingi floem tersebut. Contohnya pada *Cirdyline sp.* dan rhizoma *Acorus calamus*.

Untuk memahami perbedaan struktur tipe konsentris, perhatikan Gambar 2.16!



Gambar 2.16 Tipe konsentris amphikribal dan konsentris amphivasal

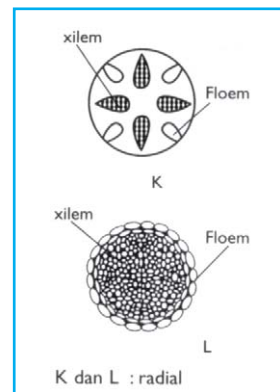
Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005.

c) Radial

Untuk memahami tipe radial, Anda dapat menggunakan preparat akar dikotil tumbuhan pinus dengan langkah kerja seperti pada Kegiatan Kelompok 3 di depan. Gambarkan letak xilem dan floemnya!

Tipe radial terjadi bila xilem dan floem bergantian menurut arah jari-jari lingkaran. Contoh terdapat pada akar primer dikotil dan akar tumbuhan monokotil.

Untuk memahami struktur tipe radial ini dapat Anda perhatikan Gambar 2.17!



Gambar 2.17 Tipe radial

Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005.

3. Jaringan Gabus

Jaringan ini mempunyai sifat lebih kuat daripada epidermis, terdapat di bagian tepi alat-alat tumbuhan. Pada tumbuhan yang berumur panjang, bila epidermis telah mati atau tidak aktif, maka jaringan gabus ini menggantikan fungsi epidermis yaitu sebagai pelindung jaringan di bawahnya. Jaringan gabus dibentuk oleh kambium gabus yang disebut *felogen*. Sel-sel gabus mengandung *suberin* dan *kutin*.

Letak jaringan gabus rapat antara satu dengan yang lainnya. Ruang antarselnya tidak ada, sehingga sukar ditembus air dan gas. Dengan adanya celah-celah atau pori-pori pada lapisan gabus yang disebut lentisel, maka kesulitan itu dapat ditanggulangi karena air dan gas-gas bisa menerobos dan melaluinya.

Jaringan gabus dibedakan menjadi tiga.

a. Eksodermis

Jaringan gabus terdiri atas tiga bagian, yaitu gabus yang terdapat di bagian dalam dari tumbuhan sehingga berfungsi sebagai pembatas antara jaringan-jaringan di dalam tumbuhan. Jaringan ini terletak di luar dan mengandung suberin pengganti epidermis.

b. Endodermis

Pada bagian endodermis yang masih muda, dinding selnya terdiri atas selulosa dan bersifat elastis, sedangkan endodermis yang sudah tua atau dewasa pada dinding selnya terjadi penebalan-penebalan berupa titik-titik atau pita dari zat kayu dan mengandung suberin serta kutin yang disebut titik atau pita kaspari.

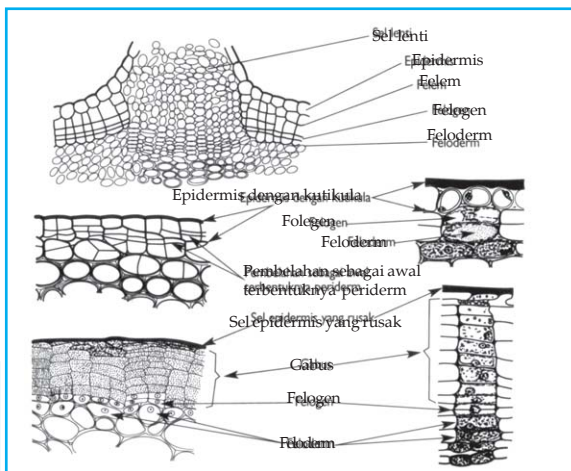
c. Periderm (Kulit Gabus)

Periderm dibagi menjadi tiga bagian berikut.

1) Felogen (Kambium Gabus)

Felogen merupakan kambium gabus yang merupakan lapisan sel yang meristematis. Felogen dapat terbentuk dari berbagai jaringan hidup, misalnya epidermis, parenkim korteks yang sel-selnya dapat berubah menjadi meristematik. Felogen ke arah luar membentuk gabus (felem) dan ke arah dalam membentuk parenkim (feloderm). Felogen, felem, dan feloderm membentuk jaringan kulit gabus (periderm). Perkembangan felogen (kambium gabus) dapat Anda lihat pada gambar 2.18!

Gambar 2.18
Perkembangan felogen
(kambium gabus)



Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005

2) Felem (Gabus)

Felem merupakan lapisan gabus sebagai produk dari felogen yang terbentuk ke arah luar.

3) Feloderm (Parenkim Gabus)

Jaringan ini dapat dikatakan hampir homogen dengan parenkim korteks yang terbentuk ke arah dalam sehingga hanya terdapat di lapisan paling dalam.

Dengan adanya jaringan gabus maka bagian dalam tumbuhan hidup terpisah dari udara luar. Untuk itulah diperlukan adanya hubungan antara bagian dalam tumbuhan dengan udara luar untuk menunjang berbagai macam proses kehidupan. Dalam hal ini, pada jaringan gabus batang terdapat lentisel.

B ORGAN TUMBUHAN

Seperti manusia dan hewan, tubuh tumbuhan pun tersusun atas organ-organ. Tumbuhan terdiri atas organ-organ berikut.

1. Akar

Coba Anda lihat kembali gambar pohon yang ada pada awal bab! Pohon itu berdiri tegak di atas tanah dengan menggunakan organ yang paling bawah, yaitu akar.

Akar merupakan organ tumbuhan yang umumnya berada di dalam tanah, walaupun pada beberapa tumbuhan tertentu, ada akar yang menjulang di atas tanah, misalnya pada tumbuhan anggrek epifit.

Pada dasarnya fungsi akar adalah sebagai berikut.

- a. Tempat menambatkan tubuh tumbuhan pada posisi tertentu.
- b. Menyerap air dan garam-garam anorganik dari dalam tanah.

Apabila akar primer dipotong membujur (memanjang), maka dari potongan ini akan dijumpai adanya bagian-bagian, antara lain seperti berikut.

- a. Tudung Akar, karakteristik akar yang khusus adalah terdapat tudung akar pada bagian ujungnya yang disebut *kaliptra*. Kaliptra tersusun oleh sel-sel parenkim hidup yang kadang mengandung pati. Fungsi kaliptra yaitu untuk melindungi meristem dan melumasi akar sehingga mengurangi gesekan antara ujung akar dan butir-butir tanah pada saat akar menembus tanah. Selain itu, zat-zat yang dihasilkan dapat mengatur pola pertumbuhan bagian-bagian akar yang lain. Pada kebanyakan tumbuhan kaliptra membentuk struktur khusus dan tetap yang disebut *kolumela*.

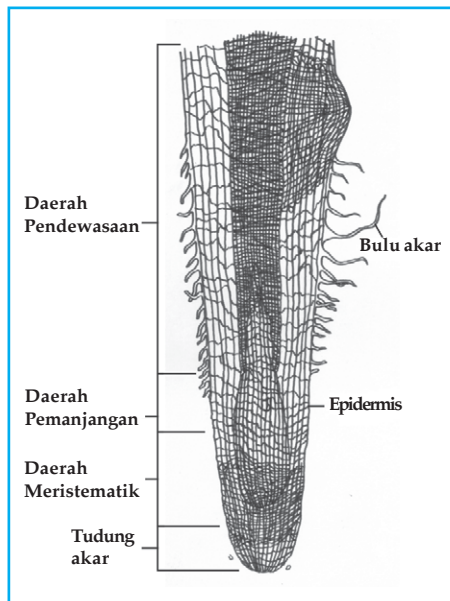
- b. Daerah pembelahan sel,
- c. Daerah pemanjangan sel.

Jenis akar tumbuhan ada dua, yaitu akar dikotil dan monokotil. Coba ingat-ingat kembali perbedaannya, kemudian buatlah bagan perbedaannya!

- d. Daerah diferensiasi sel (daerah rambut akar)

Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 2.19!

Apabila akar primer dipotong melintang akan didapatkan struktur jaringan primer akar tumbuhan pada irisan melintang, antara lain seperti berikut.



Sumber: Ilustrasi Bayu dan Cahyo

Gambar 2.19
Struktur memanjang akar tumbuhan

a. Epidermis

Epidermis merupakan lapisan penutup luar yang terdiri atas selapis sel ber dinding tipis yang berlapis kutikula dengan susunan yang rapat. Pada lapisan ini, sel-sel berdiferensiasi membentuk rambut-rambut akar yang tersusun dari satu sel yang memanjang yang berfungsi untuk memperluas permukaan bagian penyerapan akar dan untuk pegangan akar pada tanah. Pada spesies tertentu, rambut akar berkembang dari sel khusus di daerah epidermis. Sel ini disebut *trikoblast*.

Epidermis akar biasanya dijumpai saat akar masih muda. Apabila akar sudah dewasa, epidermisnya telah mengalami kerusakan dan fungsinya digantikan oleh lapisan terluar dari korteks yang disebut *eksodermis*.

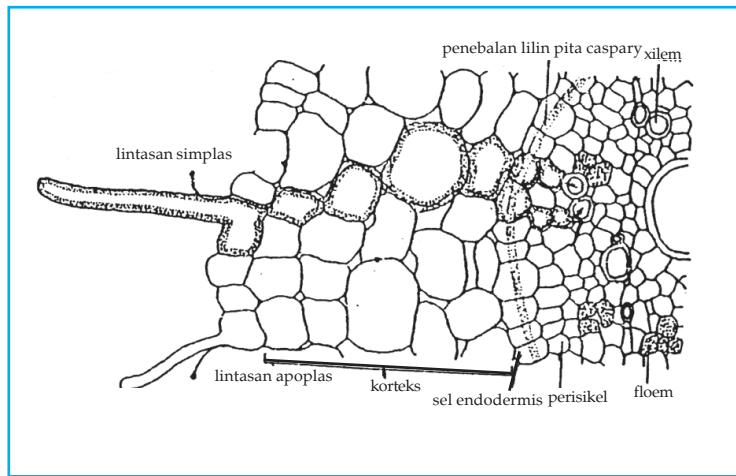
b. Korteks

Lapisan korteks tersusun atas sel-sel parenkim yang ber dinding tipis dan tersusun longgar sehingga banyak terdapat ruang antarsel. Sel-sel parenkim tersusun dalam bentuk silinder. Lapisan sklerenkim biasanya dijumpai pada akar tumbuhan monokotil. Kolenkim sangat jarang dijumpai pada akar. Lapisan terluar dari korteks kadang-kadang berdeferensiasi menjadi lapisan eksodermis yang dinding sel-selnya mengalami penebalan dengan zat suberin. Lapisan terdalam dari korteks biasanya berdeferensiasi menjadi endodermis.

c. Endodermis

Lapisan ini sebenarnya merupakan sel korteks terdalam yang terdiri atas sel-sel berbentuk kotak dan tersusun rapat tanpa rongga antarsel. Lapisan endodermis disebut juga lapisan *floeterma* atau sarung amilum karena mengandung butiran-butiran amilum. Sel-sel ini membentuk silinder yang membungkus jaringan pembuluh. Sel-sel endodermis mempunyai ciri khusus, yaitu adanya pita caspary. Apakah yang Anda ketahui tentang pita caspary? Dinamakan pita caspary karena sesuai nama penemunya, yaitu Caspary. Pita caspary merupakan penebalan dinding sel setempat dan pengendapan suberin dan lignin.

Agar lebih jelas perhatikan Gambar 2.20!



Sumber: Fisiologi Tumbuhan, 1992

Gambar 2.20 Endodermis

Pita caspary ini tidak tembus air dan zat-zat terlarut lainnya. Air dan zat-zat terlarut yang melewati endodermis harus melalui protoplasma yang melekat pada pita caspary dan melalui dinding sel yang letaknya sejajar dengan silinder pusat. Pada lapisan endodermis juga ditemui lapisan yang mengalami penebalan zat gabus. Penebalan tersebut membentuk huruf U, sehingga disebut sel U. Sel ini bersifat impermiabel sehingga tidak dapat dilalui air. Sel-sel endodermis yang terletak segaris dengan xilem tidak mengalami penebalan sehingga dapat dilalui air dan zat yang terlarut. Sel-sel ini disebut sel penerus atau peresap.

d. Silinder Pusat atau Stele

Lapisan silinder pusat merupakan lapisan terdalam yang terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut.

1) Perisikel atau Perikambium

Perisikel merupakan lapisan terluar dari stele, sehingga letaknya langsung berada di sebelah dalam dari lapisan endodermis dan di sebelah luar dari berkas pengangkut. Lapisan ini masih bersifat meristematis sebagai titik awal tumbuhnya primordia akar ke arah samping (cabang akar/akar lateral). Pertumbuhan cabang akar ini bersifat *endogen*.

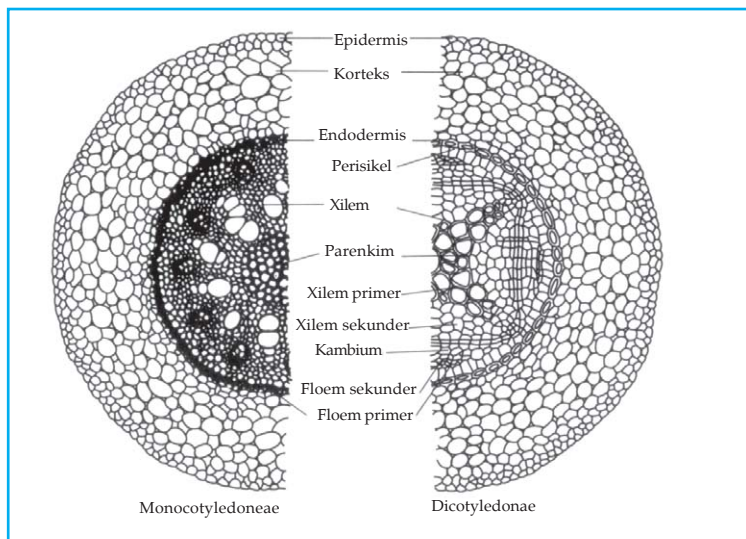
2) Berkas Pengangkut (Xilem dan Floem)

Pada akar dikotil, antara xilem dan floem menyebabkan terjadinya pertumbuhan sekunder. Jaringan sekunder yang terbentuk oleh kambium adalah xilem sekunder yang terletak di sebelah luar xilem primer dan floem sekunder yang terletak di sebelah dalam floem primer. Xilem sekunder dan floem sekunder ini banyak mengandung serabut.

3) Jari-Jari Empulur

Lapisan jari-jari empulur tersusun atas jaringan parenkim. Pada struktur akar tumbuhan dikotil dan monokotil terdapat beberapa perbedaan. Cobalah cari perbedaan tersebut! Untuk menemukannya, lakukan kegiatan mengamati sayatan melintang akar tumbuhan jagung (monokotil) dan akar tumbuhan kacang tanah (dikotil) dengan cara kerja seperti pada Kegiatan Kelompok 3. Lakukanlah pengamatan dan gambarlah hasilnya! Bagaimana struktur akar tumbuhan dikotil dan monokotil? Jelaskan perbedaannya dalam sebuah tabel!

Selanjutnya, coba bandingkan hasil gambar yang Anda peroleh dari pengamatan dengan gambar struktur akar pada Gambar 2.21 berikut!



Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005

Gambar 2.21 Struktur akar dikotil dan monokotil

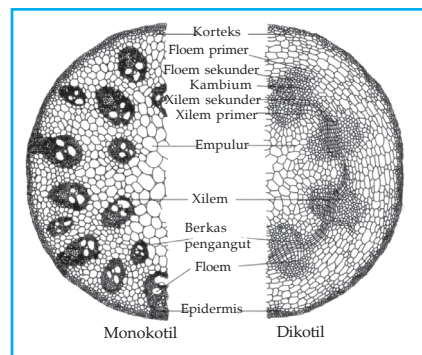
2. Batang

Batang merupakan organ tumbuhan yang umumnya terletak di atas tanah, walaupun ada beberapa tumbuhan yang batangnya berada di dalam tanah, misalnya *Canna sp.* Namun, di sini batang mempunyai ciri-ciri khusus yaitu bagian yang berdaun dan mempunyai buku dan ruas. Pada tumbuhan dikotil dan monokotil, jaringan primer batang memiliki beberapa perbedaan. Perbedaan tersebut akan kita bahas pada uraian berikut ini.

Untuk memahami struktur batang monokotil dan dikotil, terlebih dahulu lakukanlah pengamatan sayatan melintang batang jagung dan kacang tanah. Ikutilah langkah kerja pada Kegiatan Kelompok 3. Dengan mengamati preparat melintang batang jagung dan kacang tanah, Anda akan mendapatkan struktur batang monokotil dan dikotil.

Gambarlah hasil pengamatan Anda dan tuliskan jaringan-jaringan yang menyusunnya! Sebutkan pula ciri-ciri jaringan yang menyusun batang monokotil dan dikotil tersebut! Kerjakan pada buku tugas Anda! Sayatan melintang batang akan menunjukkan daerah seperti pada Gambar 2.22!

Dari kegiatan yang Anda lakukan di atas dapat dijumpai beberapa jaringan yang menyusun batang kacang tanah (dikotil) dan batang tumbuhan jagung (monokotil). Jaringan-jaringan yang menyusun batang tumbuhan tersebut antara lain seperti berikut.



Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005

Gambar 2.22 Sayatan melintang batang

a. Batang Dikotil

Pada jaringan primer batang dikotil terdapat bagian-bagian berikut.

1) Epidermis

Lapisan ini terletak paling luar dari organ batang. Epidermis terdiri atas lapis sel yang dinding selnya sudah mengalami penebalan yang disebut *kutikula*. Lapisan kutikula ini berfungsi untuk melindungi batang terhadap kekeringan. Sel-sel epidermis biasanya berbentuk rektanguler dan tersusun rapat tanpa adanya ruang antarsel. Susunan ini menyebabkan terjadinya pengurangan transpirasi dan dapat melindungi jaringan di sebelah dalamnya dari kerusakan dan serangan hama.

Pada beberapa jenis tumbuhan, di sebelah dalam dari epidermis batang dijumpai satu atau beberapa lapis sel yang berasal dari initial yang tidak sama dengan epidermis yang disebut hipodermis. Struktur hipodermis ini berbeda dengan sel-sel penyusun korteks.

Epidermis dapat mengalami diferensiasi membentuk derivat epidermis, antara lain stomata, trikoma, dan lain-lain. Coba Anda ingat kembali materi di depan!

2) Korteks

Korteks terdiri atas kolenkim yang susunannya berdesakan rapat dan parenkim yang longgar dengan banyak ruang antarsel. Pada beberapa tumbuhan, parenkim korteks bagian tepi mengandung kloroplas, sehingga mampu mengadakan proses fotosintesis. Parenkim ini disebut *klorenkim*.

3) Endodermis

Endodermis sering disebut juga *floeterma* atau sarung amilum karena banyak berisi butir-butir amilum. Pada beberapa tumbuhan, floeterma mengalami penebalan membentuk pita caspary. Coba Anda ingat kembali tentang pita caspary pada uraian di depan! Endodermis terdiri atas satu lapisan sel saja dan berfungsi sebagai pemisah antara korteks dan silinder pusat.

4) Silinder Pusat atau Stele

Lapisan silinder pusat ini terdiri atas dua bagian.

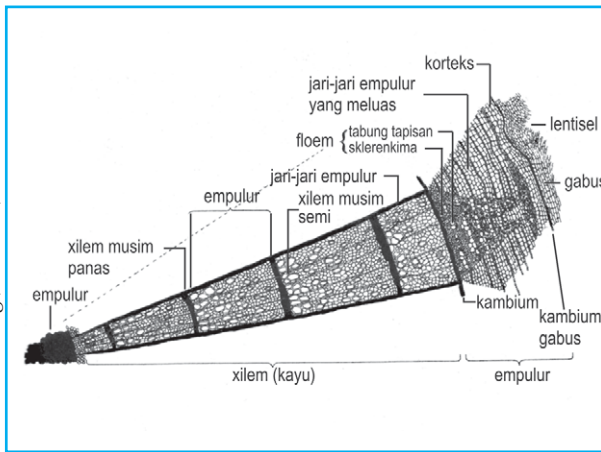
a) Perisikel atau perikambium

Lapisan silinder pusat ini bersifat meristematis. Sel-sel pada lapisan perikambium aktif membelah dan menghasilkan sel-sel yang baru. Kemampuan meristematis inilah yang mengakibatkan batang tumbuhan dikotil dapat tumbuh besar. Sifat meristematis ini juga dapat diambil manfaatnya untuk memperbanyak tumbuhan, yaitu dengan cara mencangkok. Coba Anda ingat kembali pelajaran di SMP tentang mencangkok! Pada kegiatan mencangkok, kulit tumbuhan dan kambium harus dibersihkan agar akar dapat tumbuh pada tempat yang dicangkok. Budidaya tanaman dengan cara mencangkok dapat dimanfaatkan untuk diambil nilai ekonomisnya.

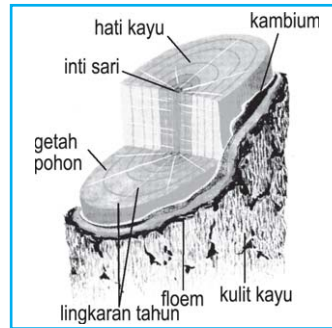
b) Berkas pengangkut, terdiri atas xilem dan floem.

Di antara xilem dan floem terdapat kambium intravaskuler. Kambium ini menyebabkan pertumbuhan sekunder berlangsung terus-menerus, tetapi pertumbuhan sangat ditentukan oleh keadaan lingkungan. Pada saat air dan zat hara tersedia cukup, yaitu pada musim penghujan, maka pertumbuhan sekunder terhenti. Jika keadaan lingkungan tidak mendukung, maka pertumbuhan sekunder berlangsung lagi. Demikian silih berganti sehingga menyebabkan pertumbuhan sekunder batang tampak berlapis-lapis. Setiap lapis terbentuk selama satu tahun dengan bentuk melingkar konsentris mengelilingi pusat. Lingkaran konsentris tersebut dinamakan *lingkaran tahun*. Perhatikan Gambar 2.23 dan Gambar 2.24!

Sumber: Biologi, Kimball, 1992



Gambar 2.23 Silinder pusat dan lingkaran tahun



Gambar 2.24 Penampang batang melintang

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

TUGAS INDIVIDU

Dari semua uraian materi di atas, Anda telah memahami tentang struktur dan fungsi jaringan batang pada tumbuhan. Dengan bekal pemahaman itu, cobalah Anda melakukan praktik untuk mencangkok dan mengokulasi tanaman hias atau tanaman budidaya lain yang bermanfaat sehingga Anda dapat memperbanyak tanaman yang memiliki nilai tambah.

b. Batang Monokotil

Pada batang monokotil, ukuran meristem apikalnya kecil. Jika dilihat, struktur penampang melintang batang tanaman monokotil, dapat dijumpai struktur jaringan sebagai berikut.

1) Epidermis

Epidermis merupakan struktur terluar yang disusun oleh satu lapis sel. Epidermis dilengkapi dengan stomata dan bulu-bulu. Pada umumnya epidermis tumbuhan monokotil sama dengan tumbuhan dikotil. Coba Anda ingat lagi uraian di depan!

2) Korteks

Jaringan korteks terdiri atas beberapa lapis sel dengan rongga-rongga udara di antara sel-selnya. Fungsi jaringan ini yaitu sebagai tempat pertukaran gas. Pada tumbuhan monokotil, korteks kadang-kadang terdeferensiasi secara baik atau kadang sangat sempit, bahkan tidak dapat dibedakan dengan stele.

3) Stele

Pada tumbuhan monokotil, batas korteks dan stele biasanya tidak terlalu terlihat. Xilem dan floem terdapat pada lapisan stele ini dan susunan berkas pengangkut yaitu bertipe kolateral tertutup, sehingga batang pada tumbuhan monokotil tidak mengalami pertumbuhan membesar. Adakah tumbuhan monokotil yang batangnya dapat tumbuh membesar? Tumbuhan apakah itu? Mengapa terjadi pertumbuhan membesar, padahal tidak mempunyai kambium pada meristem samping? Konsultasikan jawabanmu dengan guru di sekolah!

4) Empulur

Empulur terletak di bagian paling dalam dan tersusun dari jaringan parenkim. Pada beberapa tumbuhan, empulur ada yang menghilang, misalnya pada tumbuhan padi.

3. Daun

Sebagian besar tanaman umumnya berdaun dan berwarna hijau. Akan tetapi, ada pula tanaman yang daunnya tidak berwarna hijau. Coba carilah daun tanaman yang tidak berwarna hijau! Daun merupakan bagian tumbuhan yang berfungsi untuk memproses fotosintesis. Daun berasal dari suatu jaringan pada meristem ujung suatu kuncup pada batang. Daun memiliki struktur jaringan yang bermacam-macam. Untuk memahami struktur jaringan pada daun, lakukan kegiatan berikut!

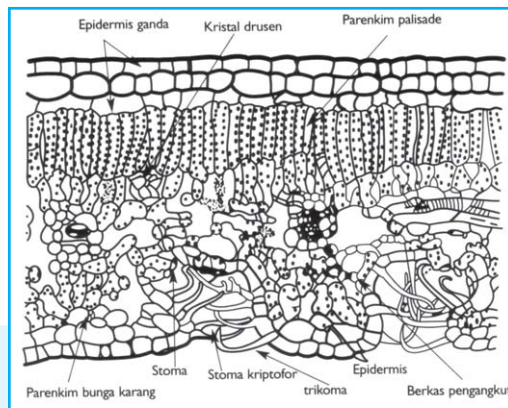
KEGIATAN KELOMPOK 4

Tujuan	:	Mengetahui dan memahami struktur daun
Alat dan Bahan	:	1. Daun berbagai macam tumbuhan dari lingkungan sekitar 2. Objek glass 3. Kaca penutup 4. Pipet tetes 5. Mikroskop 6. Pisau silet

Cara Kerja :

1. Buatlah sayatan melintang daun dengan menggunakan pisau silet.
2. Tempatkan sayatan tersebut di atas objek glass yang sudah ditetesi dengan air, kemudian tutuplah dengan kaca penutup.
3. Amatilah bagian-bagian jaringan yang menyusun daun tersebut.
4. Gambarlah struktur jaringan tersebut dan jelaskan ciri-ciri dari masing-masing jaringan itu!

Dari Kegiatan Kelompok 4, Anda sudah mendapatkan gambaran struktur daun secara lengkap. Seperti terlihat pada Gambar 2.25, pada dasarnya daun tersusun atas beberapa lapisan berikut.



Gambar 2.25
Struktur daun

Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005

a. Epidermis

Epidermis merupakan lapisan terluar yang terdapat di permukaan atas maupun bawah daun yang berfungsi untuk melindungi lapisan di bawahnya. Dinding sel epidermis mengalami penebalan yang tidak merata. Dinding sel yang menghadap keluar biasanya berdinding tebal dan tertutup kutikula. Lapisan kutikula berfungsi untuk mengurangi penguapan. Pada permukaan lapisan epidermis ditemukan pula stomata, yang berfungsi untuk pertukaran udara dan mengatur transpirasi. Stomata dapat berada di kedua permukaan daun (*amfistomatik*) atau salah satu permukaan, antara lain di bagian bawah (*hipostomatik*). Pada daun terapung di air, stomata hanya terdapat di bagian atas (*epistomatik*). Letak stomata dapat sejajar dengan epidermis lainnya (*stomata paneropor*), tenggelam dibandingkan deretan epidermis (*stomata kriptopor*) atau kadang-kadang berada di atas permukaan sel-sel epidermis seperti pada daun terapung.

Bentuk modifikasi dari jaringan epidermis daun berupa trikoma, sel kipas, dan sel litokis. Trikoma berfungsi sebagai rambut pelindung maupun sebagai rambut kelenjar. Sel-sel kipas terdiri atas sederet sel yang lebih besar

dari epidermis normal dengan dinding tipis dan vakuola besar. Sel-sel kipas berfungsi untuk mengurangi penguapan pada peristiwa menggulungnya daun, misalnya terdapat pada suku rumput-rumputan. Sel litokis merupakan modifikasi epidermis, mengandung sistolit yang terdiri atas kristal kalsium karbonat. Untuk memahami struktur epidermis Anda dapat melakukan kegiatan sebagai berikut.

KEGIATAN KELOMPOK 5

Tujuan : Menemukan lapisan epidermis dengan semua struktur selnya.

Alat dan Bahan :

- | | |
|----------------------------------|----------------|
| 1. Daun berbagai macam tumbuhan. | 5. Mikroskop |
| 2. Objek glass | 6. Pisau silet |
| 3. Kaca penutup | 7. Air |
| 4. Pipet tetes | |

Cara Kerja

1. Ambillah daun dari lingkungan sekitar Anda.
2. Sayatlah permukaan luar daun secara tipis sehingga terlihat tipis dan transparan.
3. Tempatkan sayatan tersebut di atas objek glass dan tetesilah dengan air menggunakan pipet tetes.
4. Amatilah menggunakan mikroskop.
5. Temukan lapisan epidermis dengan semua struktur selnya.
6. Gambarlah hasil pengamatan Anda.

b. Parenkim atau Mesofil

Jaringan ini terdapat di antara epidermis atas dan epidermis bawah. Pada tumbuhan dikotil, jaringan mesofil ini berdeferensiasi menjadi jaringan-jaringan, antara lain seperti berikut.

1) Parenkim Spons (Bunga Karang)

Jaringan spons tersusun oleh sel-sel yang tak teratur, berdinding tipis, lepas, dan mengandung sedikit kloroplas. Ruang antarsel besar sehingga memudahkan terjadinya pertukaran gas.

2) Parenkim Palisade (Jaringan Tiang)

Jaringan palisade berbentuk silindris, tegak pada permukaan daun, selapis atau lebih, rapat satu sama lain dan mengandung banyak kloroplas

sehingga lebih efisien untuk fotosintesis. Jaringan palisade berfungsi untuk menangkap cahaya. Kepadatan jaringan palisade ini tergantung pada intensitas cahaya yang diterima. Bagian yang banyak menerima cahaya langsung lebih padat daripada bagian yang berada di tempat teduh.

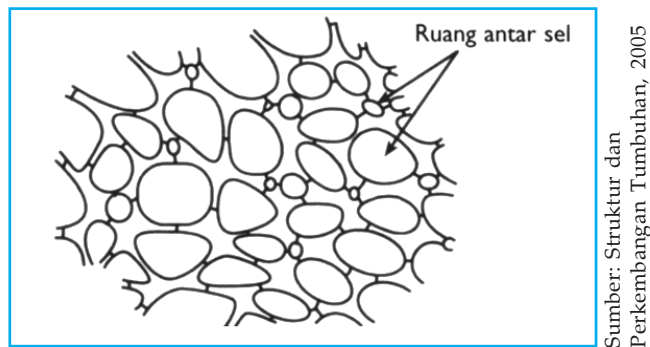
Pada kedua jaringan ini terdapat klorofil, sehingga di sinilah tempat berlangsungnya proses fotosintesis.

• TUGAS KELOMPOK

Lakukanlah kegiatan di bawah ini!

Amatilah hasil kegiatan kelompok 5 dan carilah di mana letak jaringan epidermis dan parenkim! Gambarlah jaringan tersebut pada buku tugas. Bandingkanlah dengan hasil teman Anda!.

Untuk lebih memahami uraian di atas, Anda dapat melihat gambar 2.26!



Sumber: Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, 2005

Gambar 2.26 Jaringan parenkim pada daun

c. Berkas Pengangkut

Jaringan ini tersusun atas xilem dan floem. Berkas pengangkut banyak terdapat pada tulang daun dan urat daun. Fungsi jaringan pengangkut pada daun adalah untuk mengangkut air serta zat hara dari tanah dan menyebarkan hasil fotosintesis. Hasil fotosintesis dari sel mesofil masuk ke floem tulang daun yang kecil. Sel khusus yang berfungsi sebagai pengantar senyawa-senyawa organik dari sel mesofil ke floem disebut sel transfer.

Di dalam berkas pengangkut, xilem selalu berada di sebelah atas floem karena tulang daun merupakan kelanjutan dari tangkai daun yang berasal dari batang. Dalam hal ini, xilem di sebelah dalam dan floem di luar. Susunan xilem, terutama pada ibu tulang daun seperti pada batang yang terdiri atas trakea, trakeid, serabut, dan parenkim.

TUGAS INDIVIDU

Untuk melihat strukturnya, dengan melakukan pengamatan seperti Kegiatan Kelompok 4, carilah letak xilem dan floem tersebut! Bagaimana susunan xilem dan floemnya? Tulislah hasilnya pada buku tugas Anda!

C KULTUR JARINGAN

Coba perhatikan tanaman pada Gambar 2.27! Tumbuhan itu merupakan hasil dari kultur jaringan. Teknik kultur jaringan merupakan cara perbanyakan tumbuhan secara *invitro*. Perbanyakan *invitro* adalah penanaman jaringan atau organ tumbuhan di luar lingkungan tumbuhnya.

Melalui kultur jaringan ini, jaringan tumbuhan diambil sedikit, lalu ditumbuhkan dalam media buatan sehingga tumbuh menjadi tanaman sempurna. Kultur jaringan dilakukan berdasarkan pada prinsip totipotensi. Menurut prinsip totipotensi setiap sel tumbuhan mengandung semua informasi genetik yang diperlukan untuk tumbuh dan berkembang menjadi tanaman lengkap.

Teknik kultur jaringan tidak dapat dilakukan di sembarang tempat. Teknik ini harus dilakukan di dalam ruangan khusus yang steril agar terbebas dari kontaminasi udara luar. Kultur jaringan dilakukan di dalam suatu laboratorium khusus yang digunakan untuk kultur jaringan. Laboratorium berfungsi untuk mengkondisikan kultur dalam suhu dan pencahayaan terkontrol yang dilengkapi dengan alat dan bahan untuk pembuatan media.

Pada dasarnya tumbuh-tumbuhan memiliki daya regenerasi yang kuat. Dasar inilah yang akhirnya menjadi titik tolak berkembangnya industri perbanyakan (*propagasi*) tanaman.

Bila sel-sel jaringan atau organ tanaman ditanam di luar lingkungan tumbuhnya (*invitro*) dengan menggunakan larutan bahan makanan sintetik ternyata dapat berenerasi menjadi tunas dan akar yang selanjutnya dapat berkembang menjadi tanaman normal yang mampu hidup mandiri menjadi tumbuhan yang utuh.



Gambar 2.27
Kultur jaringan tanaman Anggrek

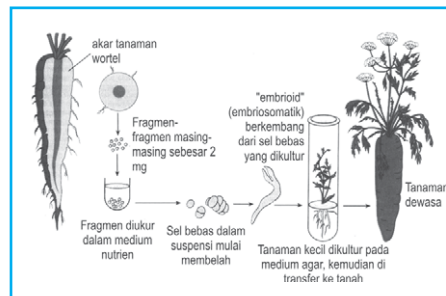
Sumber: Kultur Jaringan Anggrek,
2004

1. Langkah-Langkah Teknik Kultur Jaringan

Kultur jaringan tumbuhan dapat dilakukan dengan langkah seperti terlihat pada Gambar 2.28 berikut ini.

Dari gambar tersebut terlihat langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut (lihat Gambar 2.28).

- Menyiapkan media tumbuh yang terdiri atas campuran garam mineral berisi unsur makro dan mikro, asam amino, vitamin, gula serta hormon tumbuhan dengan perbandingan tertentu.
- Siapkan eksplan (jaringan yang akan dikultur). Pada gambar terlihat eksplan berupa potongan dari akar tanaman wortel.
- Tanamkan eksplan pada media yang telah disiapkan.
- Setelah terbentuk calon tumbuhan (akar, tunas) maka dipindahkan ke media tanah untuk tumbuh menjadi tanaman dewasa.



Sumber: Biologi, Campbell, 2002.

Gambar 2.28 Langkah-langkah kultur jaringan

2. Masalah (Gangguan) pada Kultur Jaringan

Gangguan kultur jaringan dapat menyebabkan kematian eksplan. Gangguan kultur jaringan secara umum dapat muncul dari bahan yang ditanam, lingkungan kultur maupun manusia yang melakukannya. Masalah yang muncul, antara lain :

- Kontaminasi oleh bakteri, jamur, virus, dan lain-lain. Agar terhindar dari kontaminasi maka langkah-langkah pelaksanaan-nya harus mengikuti prosedur yang benar dan dalam keadaan steril.
- Browning (pencoklatan), untuk mengatasinya dengan cara mengabsorpsi fenol penyebab pencoklatan dengan arang aktif.

3. Kelebihan dan Kelemahan Teknik Kultur Jaringan

Perbanyakan tanaman secara kultur jaringan mempunyai kelebihan antara lain seperti berikut.

- Kultur jaringan merupakan suatu cara menghasilkan jumlah bibit tanaman yang banyak dalam waktu singkat.
- Tidak memerlukan tempat yang luas.
- Tidak tergantung pada musim sehingga bisa dilaksanakan sepanjang tahun.
- Bibit yang dihasilkan lebih sehat.
- Memungkinkan dilakukannya manipulasi genetik.

Selain mempunyai kelebihan, kultur jaringan ternyata juga mempunyai kekurangan, seperti berikut.

- Memerlukan biaya besar karena harus dilakukan di dalam laboratorium dan menggunakan bahan kimia.
- Memerlukan keahlian khusus.
- Memerlukan aklimatisasi ke lingkungan eksternal karena tanaman hasil kultur biasanya berukuran kecil dan bersifat aseptik serta sudah terbiasa berada di tempat yang mempunyai kelembapan udara tinggi.

Berdasarkan kelebihan dan kelemahan tersebut, coba Anda simpulkan tentang manfaat dari kultur jaringan!

Dengan metode kultur jaringan dapat dihasilkan jumlah bibit tanaman dalam skala besar dan dalam waktu relatif singkat sehingga lebih memiliki nilai ekonomis. Dari kelebihan ini Anda dapat belajar cara mengkultur tanaman yang bernilai jual dengan benar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pendapatan. Contoh hasil kultur jaringan tanaman dapat Anda lihat pada Gambar 2.29!



Sumber: Trubus, November 2004

Gambar 2.29 Contoh hasil kultur jaringan

D JARINGAN HEWAN



Sumber: Foto Haryana, 2007

Gambar 2.30
Lengan manusia

Coba perhatikan lengan manusia pada Gambar 2.30! Lengan merupakan organ tubuh manusia. Lengan tersebut tersusun dari bagian lebih kecil yang disebut jaringan. Jaringan-jaringan itu antara lain adalah jaringan otot, jaringan saraf, jaringan lemak, dan jaringan darah. Tidak hanya pada lengan saja, organ tubuh kita yang lain pun tersusun atas banyak jaringan-jaringan. Ilmu yang mempelajari tentang jaringan disebut *histologi*.

Untuk mengetahui berbagai macam jaringan pada hewan, cobalah lakukan kegiatan di bawah ini!

KEGIATAN KELOMPOK 6

Tujuan : Memahami macam-macam jaringan hewan dan strukturnya

Alat dan Bahan :

1. Mikroskop
2. Preparat awetan dari berbagai macam jaringan antara lain jaringan epitel, otot, tulang rawan, darah.

Cara Kerja :

1. Fokuskan mikroskop sehingga Anda mendapat bayangan yang jelas.
2. Selanjutnya siapkan preparat awetan jaringan dan amatilah masing-masing jaringan itu di bawah mikroskop.
3. Gambarlah hasil pengamatan Anda pada buku tugas dan berikan keterangan dari masing-masing jaringan tersebut.
4.
 - a. Jelaskan bentuk dan susunan sel dari jaringan itu!.
 - b. Berapakah jumlah lapisan selnya dan bagaimanakah dengan intinya?
 - c. Selanjutnya analisislah tempat jaringan-jaringan itu dapat Anda temukan pada organ tubuh Anda!
 - d. Diskusikan dengan teman-teman Anda, dan presentasikan hasil-nya di depan kelas.
5. Konsultasikan hasil pengamatan Anda dengan guru Biologi!

Berdasarkan Kegiatan Kelompok 6 dapat diketahui dengan jelas bahwa ternyata banyak sekali jaringan yang menyusun organ tubuh hewan, antara lain jaringan epitel, jaringan otot, saraf, darah, tulang dan lain-lain. Untuk memahami tentang macam-macam jaringan pada manusia akan dibahas lebih lanjut pada uraian di bawah ini.

1. Jaringan Epitel

Coba rabalah permukaan kulit pada tangan Anda! Bagaimana teksturnya? Kulit kita membungkus jaringan-jaringan yang ada di dalamnya. Di dalam permukaan kulit kita banyak ditemui jaringan, di antaranya daging, darah, saraf, dan lain-lain. Lapisan pembungkus luar itulah yang disebut jaringan epitel.

Tidak hanya pada permukaan kulit tangan saja, pada permukaan luar dari organ-organ dalam pun juga dibungkus oleh jaringan epitel ini. Organ dalam tersebut antara lain jantung, hati, ginjal, usus, dan sebagainya sehingga jaringan epitel selalu ada di setiap organ tubuh sebagai pembungkus atau penutup.

Jaringan epitel merupakan perkembangan dari *ekstoderm* dan *endoderm*. Epitel terdapat pada setiap permukaan luar dan dalam tubuh untuk melapisi organ-organ tubuh. Epitel yang menutupi permukaan luar tubuh juga dibatasi oleh epithelium yang disebut *mesotelium*. Ada juga epithelium yang terbungkus untuk menangkap rangsang dari luar yang disebut *neuropitelium*.

Jaringan epithelium memiliki banyak fungsi di dalam tubuh, antara lain seperti berikut.

- a. Untuk melindungi jaringan yang ada di dalamnya, misalnya epitel kulit.
- b. Untuk melakukan fungsi absorpsi, misalnya epitel jonjot usus.
- c. Untuk melakukan fungsi filtrasi, misalnya epitel pada nefron ginjal.
- d. Sebagai pintu gerbang masuk dan keluarnya zat, misalnya epitel alveolus paru-paru.
- e. Untuk melakukan fungsi sekresi, yaitu menghasilkan getah cair. Misalnya epitel kelenjar ludah, tiroid, hipofisis, dan lain-lain.
- f. Untuk melakukan fungsi sebagai *neuroreseptor*, yaitu menerima rangsang dari luar. Epitelium ini terdapat pada alat-alat indra.

Jaringan epitel dapat digolongkan berdasarkan hal-hal berikut.

a. Bentuk sel di lapisan atas atau luarnya

Jaringan epitel ini dibedakan atas epitel pipih, epitel kubus, epitel silindris dan epitel bersilia.

b. Susunan sel dan jumlah lapisan selnya

Jaringan epitel ini dibedakan atas epitel selapis dan berlapis banyak.

c. Fungsinya

Ditinjau dari fungsinya, jaringan epitel dibedakan atas epitel pelindung (protektif), epitel kelenjar, dan epitel sensoris.

Dari hal-hal di atas jaringan epitel dapat digolong-golongkan sesuai dengan bentuk dan susunannya, yaitu sebagai berikut.

1) Epitelium Pipih Berlapis Tunggal

Epitelium ini memiliki bentuk sel yang pipih dan hanya terdiri atas satu lapis sel saja, dengan inti berada di tengah sehingga terlihat sangat tipis.

Akibat kondisi ini, epitelium bersifat semipermeabel. Jaringan berfungsi sebagai jalan pertukaran zat dari luar ke dalam tubuh atau sebaliknya. Misalnya pada dinding pembuluh darah, limfa, ginjal, alveolus paru-paru, selaput jantung, dan lain-lain.

2) Epitelium Pipih Berlapis Banyak

Bentuk epitelium pipih berlapis banyak adalah pipih dengan inti berada di tengah. Sel-selnya tersusun rapat dan berlapis-lapis. Fungsi epitelium ini untuk melindungi jaringan-jaringan yang ada di bawahnya. Epitel ini terdapat pada rongga mulut, permukaan kulit, esofagus, dan rongga hidung.

3) Epitelium Kubus Berlapis Tunggal

Jaringan epitel ini berbentuk kubus dengan inti di tengah. Epitel ini berfungsi dalam proses pengeluaran zat-zat atau kelenjar yang dibutuhkan tubuh dan proses penyerapan. Jenis epitelium ini terdapat pada kelenjar tiroid, ovarium, dan tubula ginjal.

4) Epitelium Kubus Berlapis Banyak

Bentuk sel epitelium kubus berlapis banyak seperti kubus, dengan inti berada di tengah dan tersusun dari berlapis-lapis sel kubus. Epitelium ini berfungsi dalam proses sekresi. Misalnya, terdapat pada kelenjar keringat, kelenjar minyak, ovarium dan buah zakar.

5) Epitelium Silindris Berlapis Tunggal

Epitelium silindris berlapis tunggal berbentuk batang memanjang dengan inti di dekat permukaan sel. Fungsi jaringan ini adalah untuk pengeluaran zat-zat di dalam tubuh, penyerapan zat, perlindungan, dan melicinkan. Epitelium ini terdapat pada dinding usus, lambung dan oviduk.

6) Epitelium Silindris Berlapis Banyak

Jenis epitelium ini berfungsi sebagai tempat sekresi dan pergerakan. Epitelium terletak pada alat-alat tubuh.

7) Epitelium Silindris Berlapis Banyak Semu

Bentuk epitel ini berlapis-lapis dan pada permukaan terluarnya memiliki bulu getar (cilia) yang berfungsi menyaring dan mengeluarkan benda asing yang masuk, misalnya debu. Epitelium ini berfungsi untuk perlindungan, sekresi, dan pergerakan zat melewati permukaan. Jaringan epitelium ini terdapat pada saluran pernapasan yaitu rongga hidung dan trakea.

8) Epitelium Transisional

Epitelium transisional berbentuk tidak menentu. Di antara sel-selnya ada yang berbentuk pipih, panjang, kubus. Jaringan ini terdapat pada ureter, kandung kemih, uretra.

9) Epitelium Kelenjar

Jaringan ini dapat mensekresikan sekret atau getah. Sekret tersebut dapat berupa enzim, keringat, air ludah, maupun hormon.

Berdasarkan cara mensekresikan cairannya, kelenjar dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut.

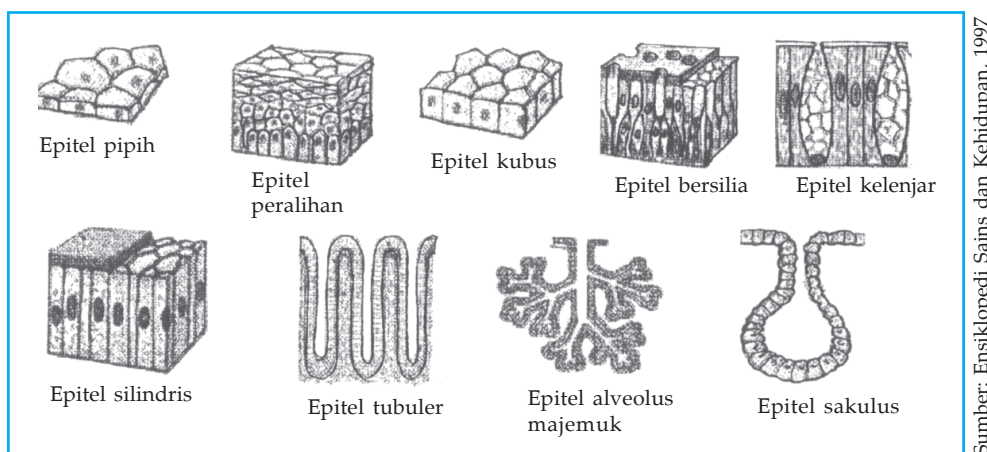
a) Kelenjar Eksokrin

Kelenjar eksokrin mempunyai saluran khusus untuk mengalirkan getah yang dihasilkan. Misalnya kelenjar keringat, kelenjar ludah, kelenjar bruner pada usus, kelenjar fundus pada dinding lambung.

b) Kelenjar Endokrin

Kelenjar endokrin merupakan kelenjar yang tidak mempunyai saluran khusus untuk mengalirkan getah. Karena tidak mempunyai saluran tersebut sehingga disebut kelenjar buntu, getah hasil sekresinya langsung dialirkan ke dalam pembuluh darah. Contoh kelenjar endokrin yaitu kelenjar tiroid, anak ginjal, dan hipofisis.

Agar lebih jelas tentang macam-macam bentuk epitelium perhatikan Gambar 2.31!



Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

Gambar 2.31 Macam-macam Epitel

2. Jaringan Konektif (Penyambung)

Jaringan konektif mempunyai sel-sel yang susunannya tidak terlalu rapat. Jaringan ini berhubungan dengan jaringan-jaringan yang lain. Jaringan konektif dibedakan sebagai berikut.

a. Jaringan Pengikat

Apakah yang dimaksud jaringan pengikat? Menurut asal katanya, berarti jaringan ini berfungsi mengikat. Apakah yang diikat? Sudah dijelaskan di depan bahwa organ tubuh kita tersusun dari berbagai macam jaringan, yang tersusun berlapis dari luar ke dalam. Coba Anda pikirkan bagaimana jaringan-jaringan tersebut dapat menyatu menyusun organ! Ibarat sebuah lem, maka jaringan pengikat ini melekatkan dengan erat antar-

jaringan sehingga mereka dapat menyatu dan dapat berhubungan dengan baik untuk menunjang fungsi organ. Berdasarkan susunan serabut selnya, jaringan pengikat dibedakan menjadi dua.

1) Jaringan Ikatan Padat

Jaringan ikatan padat disebut juga sebagai jaringan serabut putih, karena terbuat dari serabut kolagen yang putih. Serabut sel pada jaringan ikatan padat tersusun rapat dan kompak antara satu dengan yang lain. Jaringan ini tersusun atas serabut-serabut kolagen yang tidak elastis. Contohnya terdapat pada tendon, ujung otot yang melekat pada tulang, dermis kulit, ligamen (jaringan pengikat yang menghubungkan tulang-tulang).

Jaringan ikatan padat berfungsi untuk memberikan sokongan dan proteksi, menghubungkan otot-otot pada tulang-tulang (pada tendon) dan menghubungkan tulang ke tulang (pada ligamen).

2) Jaringan Ikatan Longgar

Pada jaringan ini susunan serabut selnya longgar. Jaringan ini mengisi ruang di antara organ, juga membungkus saraf dan pembuluh darah yang memberikan makanan pada jaringan-jaringan di sekitarnya. Pada jaringan ikatan longgar terdapat sel-sel dan serabut saraf, antara lain *fibroblas* dan *makrofag* yang mengandung serabut kolagen dan elastis.

Fungsi jaringan ikatan longgar antara lain:

- a) mengelilingi berbagai organ;
- b) menopang sel-sel saraf dan pembuluh darah yang mengangkut zat-zat makanan ke sel-sel dan zat buangan keluar dari sel-sel;
- c) menyimpan glukosa, garam-garam dan air untuk sementara waktu;
- d) menyokong jaringan dan organ.

b. Jaringan Penunjang/Penguat

Jaringan ini berfungsi untuk melindungi organ-organ tubuh yang lemah. Jaringan penunjang terdiri atas bagian-bagian berikut.

1) Jaringan Tulang Rawan (Kartilago)

Jaringan tulang rawan mempunyai banyak matriks dan bersifat lentur yang disebut kondrin. Pada anak-anak, tulang rawan berasal dari jaringan mesenkim, tetapi pada orang dewasa dibentuk oleh perikondrium yang banyak mengandung sel pembentuk tulang rawan (kondrosit). Sel-sel tulang rawan ini terletak di dalam suatu rongga kecil yang disebut lakuna. Jaringan tulang rawan dibedakan menjadi tiga macam.

a) Tulang Rawan Hialin

Matriks tulang rawan hialin berwarna putih kebiruan, mengkilat, dan jernih. Fungsinya adalah membantu pergerakan, membantu jalannya pernapasan. Tulang rawan ini terdapat pada cakram epifisis, dan ujung rusuk.

b) Tulang Rawan Elastis

Tulang rawan elastis tersusun dari serabut kolagen dan bersifat elastis. Matriksnya berwarna kuning. Fungsinya adalah memberikan fleksibilitas dan menguatkan. Contohnya pada daun telinga, epiglotis dan bronkiolus.

c) Tulang Rawan Fibrosa

Matriks pada jaringan ini sedikit dan berwarna gelap, tetapi banyak mengandung serabut kolagen yang membentuk suatu berkas dan tersusun sejajar. Fungsinya adalah untuk memberikan kekuatan dan melindungi jaringan yang lebih dalam.

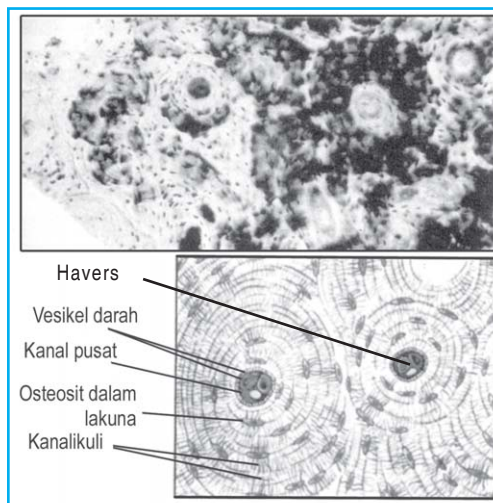
2) Jaringan Tulang Sejati (Osteon)

Jaringan tulang sejati ini tersusun oleh sel-sel tulang yang disebut *osteosit*. Matriksnya padat dan banyak terjadi pengapuran, antara lain kalsium karbonat dan kalsium fosfat. Proses pengapuran ini disebut *kalsifikasi*. Jaringan tulang ini banyak terdapat di dalam tubuh menyusun rangka. Fungsinya adalah melindungi organ-organ tubuh dalam yang lemah dan mengikat otot-otot. Berdasarkan jumlah matriksnya jaringan tulang sejati dibedakan menjadi dua.

a) Tulang Kompak

Pada tulang kompak terdapat matriks yang banyak, rapat, dan padat. Contoh dapat dijumpai pada tulang-tulang pipa. Substansi mineral disimpan dalam lapisan tipis yang disebut lamela. Struktur mikroskopis tulang panjang menunjukkan adanya saluran-saluran memanjang yang saling berhubungan yang disebut Kanalis Havers. Havers terdiri atas lamella-lamella yang tersusun melingkari suatu saluran, yang di tengahnya terdapat pembuluh darah dan saraf. Pembuluh darah inilah yang menyuplai makanan kepada sel-sel tulang. Struktur tulang kompak dapat dilihat pada Gambar 2.32.

Gambar 2.32 Jaringan tulang



Sumber: Lab Fisiologi dan Anatomy, UNY

b) Tulang Spons (Bunga Karang)

Matriks pada tulang spons tersusun tidak rapat dan berongga. Pada tulang spons tidak terdapat sistem Havers. Contohnya pada tulang-tulang pipih.

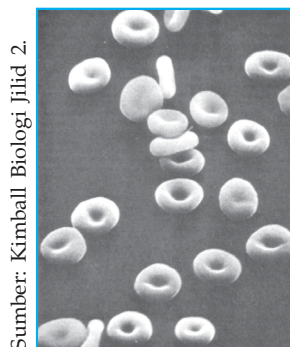
c. Jaringan Darah dan Limfe

Darah merupakan cairan tubuh yang berfungsi sebagai alat transportasi. Sebagai alat transportasi, darah mengangkut sari-sari makanan air, O_2 , CO_2 dan sisa-sisa metabolisme lain serta hormon. Darah juga merupakan penghasil imunitas dan homeostasis. Pada dasarnya darah dibedakan menjadi 2 komponen, yaitu sebagai berikut.

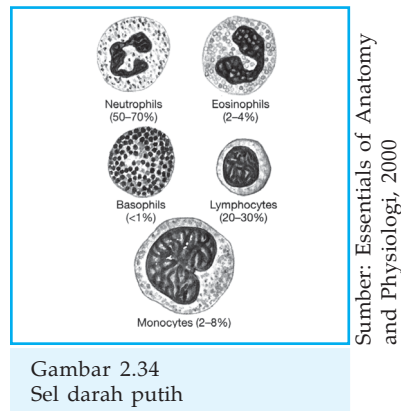
1) Sel-Sel Darah

Sel-sel darah terdiri atas sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*), dan sel darah pembeku (*trombosit*). Sel darah merah memiliki protein yang disebut hemoglobin yang bertugas untuk mengangkut O_2 dan CO_2 dalam darah. Sel-sel darah merah dibentuk di dalam sumsum tulang yang disebut *eritoblas*. Sel darah merah berbentuk cakram, bikonkaf, dan tidak berinti. Sel darah putih terdiri atas monosit, limfosit, netrofil, basofil, dan eosinofil. Sel-sel ini dibentuk di dalam sumsum tulang dan limfe. Fungsi sel darah putih ini adalah sebagai penghasil imunitas. Sedangkan trombosit adalah sel darah yang bertugas dalam proses pembekuan darah. Ukurannya lebih kecil dari sel darah merah dan berbentuk cakram. Sel-sel trombosit tidak memiliki inti.

Untuk memahami struktur sel darah perhatikan Gambar 2.33 dan 2.34!



Gambar 2.33
Sel darah merah



Gambar 2.34
Sel darah putih

2) Plasma Darah

Plasma darah adalah cairan yang mengandung sel-sel darah. Di dalam plasma darah terlarut berbagai macam zat antara lain zat makanan, protein, zat sekresi dan gas (O_2 , CO_2 , dan N_2). Plasma darah mengandung serum yang berfungsi sebagai tempat pembentukan antibodi.

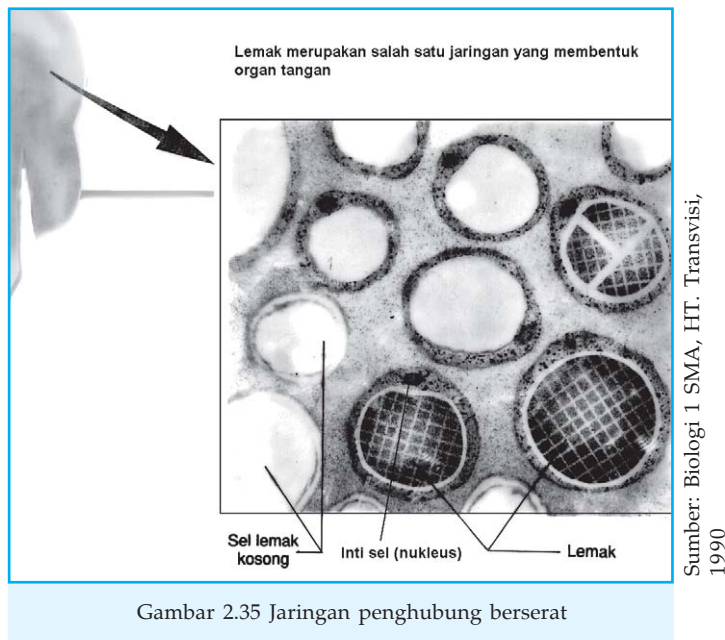
Selain darah, cairan tubuh yang lain adalah limfe. Cairan limfe terbentuk dari air, glukosa, lemak, dan garam. Limfe berfungsi sebagai alat pengangkut cairan dan protein, emulsi lemak, dan penghasil antibodi. Komponen seluler limfe terdiri dari limfosit dan granulosit.

d. Jaringan Penghubung Berserat

Jaringan penghubung berserat tersusun dari sel-sel lemak yang berbentuk poligonal. Sel-selnya berdinding tipis dan tersusun longgar, sehingga membentuk suatu rongga. Rongga-rongga ini berisi tetes-tetes lemak. Lihat Gambar 2.35! Sel-sel lemak terdapat di seluruh tubuh, yaitu di bawah lapisan kulit, sekitar ginjal, dalam bantalan/sekitar persendian dan dalam sumsum tulang panjang.

Fungsi jaringan ini adalah untuk tempat penyimpanan lemak, sebagai cadangan makanan, melindungi organ-organ dalam tubuh dari suhu dingin dan bantalan.

Jaringan ini sering kita jumpai pada lapisan bawah kulit, sekitar persendian, dan di antara organ-organ dalam tubuh.



3. Jaringan Otot

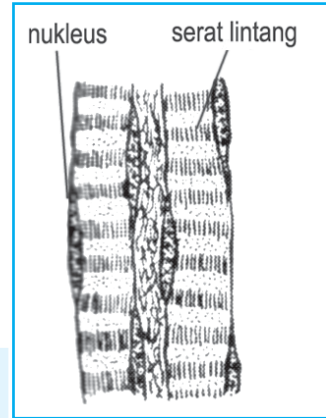
Jaringan otot terdiri atas serabut-serabut otot yang tersusun oleh sel-sel otot. Serabut otot tersebut dinamakan *myofibril*. Sel-sel otot dibungkus oleh selaput atau membran yang disebut *sarkolema*. Sel-sel otot berisi suatu cairan sel yang disebut *sarkoplasma*. Jaringan otot terdapat pada semua anggota tubuh, baik anggota gerak maupun organ-organ dalam dan luar.

Fungsi jaringan otot ini adalah sebagai alat gerak aktif. Otot memiliki kemampuan untuk berkontraksi kemudian berelaksasi sehingga dapat menggerakkan tubuh pada tempat melekatnya otot tersebut. Otot dibedakan menjadi 3 jenis, seperti berikut.

a. Otot Lurik/Kerangka

Disebut otot lurik, karena memiliki lurik dan dapat disebut juga otot kerangka karena melekat pada kerangka, misalnya tendon, otot bicep, dan triseps. Otot ini memiliki bentuk silindris panjang dan memiliki karakteristik antara lain berinti banyak di tepi, kontraksinya di bawah kesadaran, memiliki gerakan cepat dan kuat, mudah lelah.

Gambar 2.36
Otot lurik

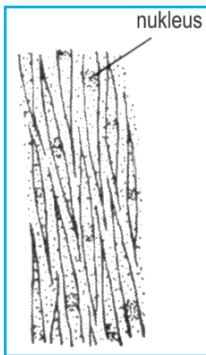


Sumber: Biologi 2, DA. Pratiwi, 2006

Untuk memahami struktur otot lurik, perhatikan Gambar 2.36!

b. Otot Polos

Sumber: Biologi 2, DA. Pratiwi, 2006



Gambar 2.37
Otot polos

Otot ini tersusun dari sel yang berbentuk gelendong, kumparan, dan memiliki inti satu di tengah. Otot polos berukuran antara 30-200 milimikron. Otot polos, mempunyai pola permukaan yang polos, tanpa adanya pola lurik melintang. Otot ini juga dilengkapi dengan saraf yang berasal dari sistem saraf tak sadar. Karakteristik otot ini antara lain, kontraksinya spontan, tetapi kerja lambat, bekerja terus-menerus tanpa disadari (involunter) dan tidak mudah lelah. Untuk

berkontraksi otot polos memerlukan waktu antara 3 detik sampai 3 menit.

Otot polos terdapat pada organ dalam, misalnya, usus, lambung, ginjal, pembuluh darah. Untuk memahami struktur otot lurik dapat Anda lihat Gambar 2.37!

c. Otot Jantung

Disebut otot jantung karena memang letaknya hanya pada jantung saja. Otot ini memiliki struktur seperti pada otot lurik, yaitu memiliki pola lurik melintang tetapi miofibrilnya bercabang-cabang. Sel-sel otot jantung membentuk rantai dan sering bercabang dua atau lebih membentuk sinsitium.

Cara kerja otot jantung seperti otot polos yaitu di luar kesadaran (involunter), terus-menerus, dan tidak mudah lelah.

Untuk memahami struktur otot jantung dapat Anda lihat Gambar 2.38!

4. Jaringan Saraf

Jaringan saraf tersusun oleh sel-sel saraf yang disebut neuron. Neuron ini banyak dan bercabang-cabang, menghubungkan jaringan satu dengan yang lain. Setiap sel saraf terdiri atas badan sel saraf, akson (neurit), dendrit, dan selubung saraf. Badan sel-sel saraf kemudian berkumpul membentuk ganglion. Ganglion-ganglion ini letaknya hanya pada tempat tertentu, yaitu di kiri dan kanan sumsum tulang belakang.

Jalannya impuls dimulai dari adanya rangsangan atau stimulan dari luar yang ditangkap oleh dendrit, kemudian dilanjutkan ke badan sel. Dari badan sel impuls akan diteruskan ke akson (neurit). Akson inilah yang akan menyampaikan impuls ke sel-sel saraf yang akhirnya disampaikan ke organ efektor.

Berdasarkan fungsinya, sel-sel saraf dapat dibedakan menjadi tiga.

a. Saraf Sensorik (Neuron Aferen)

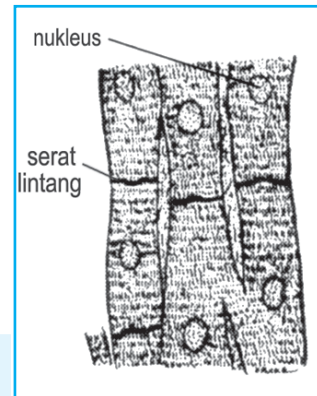
Saraf sensorik bertugas menghantarkan rangsang dari organ penerima rangsang (reseptor) ke pusat susunan saraf yaitu otak dan sumsum tulang belakang. Sekelompok badan sel neuron sensorik berkumpul membentuk ganglion yang berlanjut ke sumsum tulang belakang. Akson euron sensori membawa rangsangan menuju ke jaringan saraf pusat.

b. Saraf Motorik (Neuron Eferen)

Tugas saraf motorik adalah menghantarkan rangsang dari pusat susunan saraf ke bagian efektor. Bagian efektor berupa otot dan kelenjar. Setelah bagian efektor menerima rangsang maka akan melakukan respon tubuh.

c. Saraf Konektor (Asosiasi)

Saraf konektor bertugas menghubungkan antara saraf sensorik dan motorik. Antara saraf satu dengan yang lain saling berhubungan. Antara saraf yang satu dengan lainnya di hubungkan oleh akson. Hubungan antara sesama saraf melalui titik temu antara ujung akson neuron yang satu dengan dendrit neuron yang lain, yang disebut dengan sinaps. Fugsi sinaps adalah



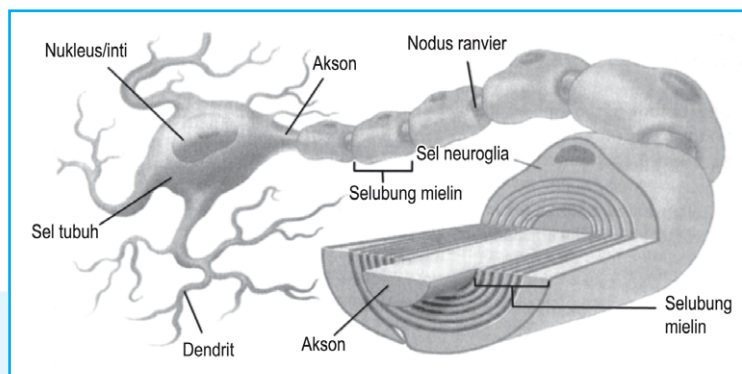
Gambar 2.38
Otot Jantung

Sumber: Biologi 2 DA. Pratiwi, 2006

meneruskan rangsang dari sel saraf yang satu ke sel saraf yang lain. Sinaps mengeluarkan zat untuk mempermudah meneruskan rangsang yang disebut neurotransmitter.

Agar Anda lebih jelas memahami tentang struktur saraf, perhatikan Gambar 2.39!

Gambar 2.39
Sel saraf



Sumber: Reaven Johnson, 2003

E ORGAN

Tubuh kita terdiri atas berbagai macam bagian-bagian yang mempunyai fungsi dan tugas berbeda-beda, antara lain mulut, hidung, kulit yang merupakan bagian-bagian luar, sedangkan bagian dalam yaitu jantung, paru-paru, hati, ginjal, dan lain-lain. Semua bagian-bagian tersebut dinamakan organ. Jadi, apakah yang dimaksud organ?

Jika dilihat dari hierarkinya, organ merupakan kumpulan dari berbagai jaringan yang bekerja sama menjalankan satu fungsi yang sama. Misalnya, usus, merupakan organ dalam yang tersusun dari berbagai macam jaringan, antara lain jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan saraf. Jaringan-jaringan tersebut bekerja sama dalam rangka menjalankan fungsi usus sebagai alat penyerapan.

TUGAS INDIVIDU •

Coba sebutkan dan tunjukkan semua organ yang Anda miliki, kemudian jelaskan fungsi dari masing-masing organ tersebut! Untuk lebih memahami tentang organ dalam, maka gunakan torso di laboratorium sekolah Anda!, Selanjutnya gambarkan organ-organ tersebut dengan bagian-bagian yang jelas, sehingga dapat meyakinkan bahwa organ disusun oleh berbagai macam jaringan.

Untuk mengamati tentang jaringan penyusun organ tubuh, lakukanlah Kegiatan Kelompok 7 berikut!

KEGIATAN KELOMPOK 7

Tujuan : Memahami jaringan-jaringan penyusun kulit manusia dan strukturnya.

Alat dan Bahan : 1. Mikroskop
2. Preparat awetan penampang melintang kulit

Cara Kerja :

1. Ambillah preparat awetan penampang melintang kulit, kemudian amatilah di bawah mikroskop dengan perbesaran sedang.
2. Amatilah masing-masing jaringan yang menyusun kemudian gambarlah! Sebutkan macam-macam jaringan yang menyusunnya!
3. Bagaimana ciri-ciri atau karakteristik dari jaringan tersebut, dan apakah fungsinya masing-masing? Diskusikan dengan teman-teman kelompok Anda!

Dari Kegiatan Kelompok 7, Anda dapat mengetahui lebih jelas bahwa organ kulit terdiri atas banyak jaringan yang berbeda bentuk dan strukturnya.

F SISTEM ORGAN

Di dalam tubuh kita berlangsung proses-proses metabolisme, baik katabolisme maupun anabolisme. Proses-proses tersebut berlangsung terkoordinir dan dilakukan oleh serangkaian organ-organ tubuh. Misalnya, saat Anda melakukan aktivitas makan. Coba sebutkan organ-organ yang terlibat untuk menjalankan aktivitas tersebut! Tentu saja perlakuan pertama mulut, diteruskan ke kerongkongan, kemudian lambung, usus halus, usus besar, dan terakhir anus.

Proses-proses tersebut dilaksanakan oleh beberapa organ untuk menjalankan fungsi, yaitu pencernaan. Inilah yang disebut dengan sistem organ. Jadi apakah yang dimaksud sistem organ?

Sistem organ merupakan kumpulan dari berbagai organ yang bekerja sama untuk melakukan suatu fungsi tertentu. Sistem organ selanjutnya akan membentuk individu.

Ada beberapa sistem organ dalam tubuh manusia antara lain, sistem organ pencernaan, respirasi, reproduksi, sirkulasi, gerak, ekskresi, saraf, peredaran darah, dan lain-lain. Perhatikan Tabel 2.1. berikut!

Tabel 2.1. Beberapa Sistem Organ

No	Sistem	Organ	Fungsi
1.	Sistem pencernaan	Mulut, faring, eksofagus, lambung, usus, hati, kantong empedu, dan pankreas.	Mencerna makanan, mengabsorpsi molekul-molekul makanan yang sudah diserahanakan.
2.	Sistem pernapasan	Hidung, faring, laring, trakea, brokus, paru-paru.	Pertukaran gas (oksigen dan karbon dioksida).
3.	Sistem gerak	Tulang, otot	Menyokong dan melindungi organ dalam
4.	Sistem transportasi	Jantung, arteri, vena, kapiler, pembuluh limfatik, kelenjar limfa.	Mengangkut oksigen dan sari makanan ke seluruh sel-sel tubuh dan mengangkut zat hasil metabolisme yang tidak berguna keluar dari sel-sel tubuh, serta melindungi tubuh dari penyakit.
5.	Sistem ekskresi	Paru-paru, ginjal, kulit dan hati	Mengeluarkan sisa metabolisme dari dalam tubuh dan menjaga keseimbangan sel dengan lingkungannya.
6.	Sistem saraf	Otak, serabut saraf, simpul saraf, medula spinalis, medula oblongata.	Menerima dan merespon rangsang dari lingkungannya.
7.	Sistem reproduksi	Testes, ovarium	Perkembangbiakan.

TUGAS INDIVIDU

Tabel 2.1 tentang sistem organ di atas belum lengkap.

Coba Anda lengkapi tabel sistem organ tersebut! Sebutkan sistem organ yang lain yang belum dijelaskan pada tabel! Tuliskan di dalam buku tugas Anda!

RANGKUMAN

1. Jaringan tumbuhan terdiri atas jaringan meristem dan jaringan dewasa.
2. Jaringan meristem merupakan jaringan yang aktif membelah, sedangkan jaringan dewasa merupakan jaringan permanen, tidak mengalami pembelahan lagi dan telah berdiferensiasi.
3. Jaringan meristem terdiri atas meristem primer dan meristem sekunder.
4. Jaringan meristem primer adalah jaringan muda yang berasal dari sel-sel embrio, sedangkan meristem sekunder adalah jaringan dewasa yang berubah menjadi meristem.
5. Jaringan dewasa terdiri atas epidermis, parenkim, penyokong, dan pengangkut.
6. Epidermis merupakan jaringan terluar yang kadang-kadang berdiferensiasi membentuk trikoma.
7. Jaringan parenkim terdiri atas parenkim asimilasi, udara, air, makanan, dan pengangkut.
8. Jaringan penyokong terdiri atas kolenkim dan sklerenkim.
9. Jaringan pengangkut terdiri atas xilem dan folem.
10. Xilem berfungsi untuk mengangkut unsur hara dan air dari tanah menuju daun.
11. Floem berfungsi untuk mengangkut hasil asimilasi (makanan) dari daun ke seluruh tubuh.
12. Organ tumbuhan terdiri atas akar, batang, dan daun.
13. Jaringan hewan tersusun dari jaringan epitel, konektif, otot, dan saraf.
14. Jaringan epitel terdiri atas epitel pipih berlapis tunggal, epitel pipih berlapis banyak, epitel kubus berlapis tunggal, epitel kubus berlapis banyak, epitel silindris berlapis tunggal, epitel silindris berlapis banyak, epitel transisional, dan epitel kelenjar.
15. Jaringan otot terdiri atas otot lurik, otot polos, dan otot jantung.
16. Jaringan konektif terdiri atas jaringan pengikat, penunjang, darah dan limfe, serta jaringan penghubung berserat/lemak.
17. Jaringan saraf terdiri atas jaringan sensorik, motorik, dan konektor.

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Berikut ini merupakan jaringan yang menyusun organ tanaman.

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| (1) Meristem sekunder | (4) Floem |
| (2) Epidermis | (5) Parenkim |
| (3) Xilem | (6) Meristem Interkalar |

Yang termasuk jaringan dewasa pada tanaman adalah

- | | |
|------------|------------|
| a. 1, 2, 3 | d. 3, 4, 5 |
| b. 1, 2, 4 | e. 4, 5, 6 |
| c. 1, 3, 4 | |

2. Pada penampang melintang batang suatu jenis tumbuhan terdapat jaringan sebagai berikut.

- (1) Epidermis
- (2) Korteks
- (3) Floem
- (4) Xilem
- (5) Kambium

Bila dilihat dengan menggunakan mikroskop dari dalam keluar berturut-turut akan tampak bagian

- a. 1-2-3-4-5
- b. 1-2-3-5-4
- c. 1-2-4-5-3
- d. 3-5-4-2-1
- e. 4-5-3-2-1

3. Floem merupakan jaringan yang berfungsi untuk

- a. pertukaran gas
- b. penguat
- c. pengisi organ tanaman
- d. mengangkut air dan mineral
- e. mengangkut hasil fotosintesis

4. Apabila di antara xilem dan floem ditemukan kambium maka berkas pengangkutnya bertipe
 - a. konsentris amfikribal
 - b. konsentris amfivasal
 - c. kolateral terbuka
 - d. kolateral tertutup
 - e. kolateral
5. Adanya lingkaran tahun pada pohon disebabkan oleh
 - a. pembelahan aktif sel-sel xilem yang hidup
 - b. adanya jaringan meristem di antara jaringan pembuluh
 - c. aktivitas felogen pada korteks
 - d. kelanjutan aktivitas tunas
 - e. pembelahan sel-sel pada berkas pengangkut
6. Pada tumbuhan terdapat jaringan sebagai pengisi tubuh tumbuhan dan penyimpanan makanan cadangan. Jaringan tersebut adalah
 - a. parenkim
 - b. palisade
 - c. kolenkim
 - d. sklerenkim
 - e. spons
7. Tanaman yang menyesuaikan diri dengan lingkungan kering akan menunjukkan
 - a. stomata banyak
 - b. stomata tersembunyi dan sedikit
 - c. batang tidak mengandung air
 - d. bentuk daun lebar
 - e. menekan pertumbuhan daun
8. Lapisan terluar dari tumbuhan adalah
 - a. jaringan tiang
 - b. endodermis
 - c. parenkim
 - d. epidermis
 - e. korteks

9. Perbedaan struktur anatomi akar dan batang yang benar adalah
- pada akar tidak terdapat epidermis sedangkan pada batang terdapat epidermis
 - pada akar tidak terdapat stele sedangkan pada batang terdapat stele
 - pada akar terdapat epidermis sedangkan pada batang tidak terdapat epidermis
 - pada akar terdapat endodermis sedangkan pada batang terdapat endodermis
 - pada akar tidak terdapat endodermis sedangkan pada batang terdapat endodermis
10. Jaringan epitel yang tersusun oleh epitel kubus berlapis banyak terdapat pada
- kelenjar gondok
 - mulut
 - kelenjar ludah
 - kelenjar keringat
 - kerongkongan
11. Jaringan saraf tersusun dari sel-sel saraf. Sel saraf yang berfungsi menerima rangsangan disebut
- sel schwan
 - dendrit
 - akson
 - neurit
 - badan sel
12. Jaringan yang berfungsi untuk mempersatukan jaringan-jaringan menjadi organ dan dari berbagai organ membentuk sistem organ disebut
- jaringan pengikat
 - jaringan proteksi
 - jaringan otot
 - jaringan epitel
 - jaringan saraf
13. Perbedaan otot polos dengan otot lurik adalah
- otot polos mempunyai percabangan
 - otot polos mempunyai respon cepat terhadap rangsang
 - otot polos mempunyai inti banyak dan di tepi
 - otot polos bekerja tidak sadar
 - otot polos melekat pada rangka

14. Berikut ini adalah organ-organ pada hewan dan manusia.
- | | |
|-------------|--------------|
| (1) kulit | (4) ginjal |
| (2) lambung | (5) pankreas |
| (3) hati | |
- yang bukan termasuk organ penyusun sistem ekskresi adalah
- | | |
|------------|------------|
| a. 1 dan 2 | d. 3 dan 5 |
| b. 1 dan 4 | e. 4 dan 5 |
| c. 2 dan 5 | |
15. Ovarium, oviduk, uterus, tuba falopi adalah organ-organ yang menyusun sistem
- | |
|---------------|
| a. reproduksi |
| b. koordinasi |
| c. sirkulasi |
| d. digesti |
| e. respirasi |

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Jaringan apa saja yang menyusun tubuh tumbuhan? Sebutkan pula fungsi masing-masing jaringan itu!
2. Apakah fungsi kambium bagi tumbuhan dikotil?
3. Apakah perbedaan struktur jaringan pada tumbuhan dikotil dengan monokotil? Tunjukkan dengan gambar yang lengkap!
4. Jaringan apa saja yang menyusun hewan? Sebutkan pula fungsinya!
5. Sebutkan macam-macam jaringan otot!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jaringan epidermis dan endodermis dapat diamati menggunakan mikroskop. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut samakah susunan jaringan yang membentuk epidermis dan endodermis?
2. Pada kegiatan okulasi, bagian tumbuhan manakah yang diambil? Menurut Anda konsep apakah yang mendasari kegiatan tersebut sehingga bagian yang ditempel bisa hidup?
3. Pada kegiatan mencangkok, bagian tumbuhan manakah yang diambil? Pada kegiatan itu akar dapat keluar dari batang yang dicangkok. Konsep apakah yang mendasarinya? Jelaskan jawaban Anda disertai alasan yang tepat!!
4. Coba perhatikan kaki Anda pada bagian telapak dan punggung kaki! Menurut Anda, apakah sama susunan jaringan yang menutupi permukaan telapak kaki dengan bagian atas (punggung) kaki? Berikan alasan Anda!
5. Tahukah Anda dengan kasus Lisa, yaitu seorang wanita yang mengalami kerusakan total pada wajahnya, akibat tersiram air keras yang kemudian melakukan operasi bedah wajah untuk memperbaiki wajahnya kembali. Dapatkah hal itu dilakukan? Jelaskan teori-teori yang mendasari sehingga pada jaringan kulit dapat dilakukan pembedahan dan jaringan itu dapat tumbuh kembali!

BAB

3

SISTEM GERAK MANUSIA

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari tentang struktur, fungsi, dan kelainan yang dapat terjadi pada alat gerak. Dengan mempelajari materi dalam bab ini, diharapkan Anda dapat mengetahui keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan yang terjadi pada rangka dan otot sehingga Anda dapat memahami tentang sistem gerak pada manusia serta dapat berusaha mencegah agar tidak mengalami gangguan pada sistem gerak tersebut.



Sumber: Tempo, 17 November 2002

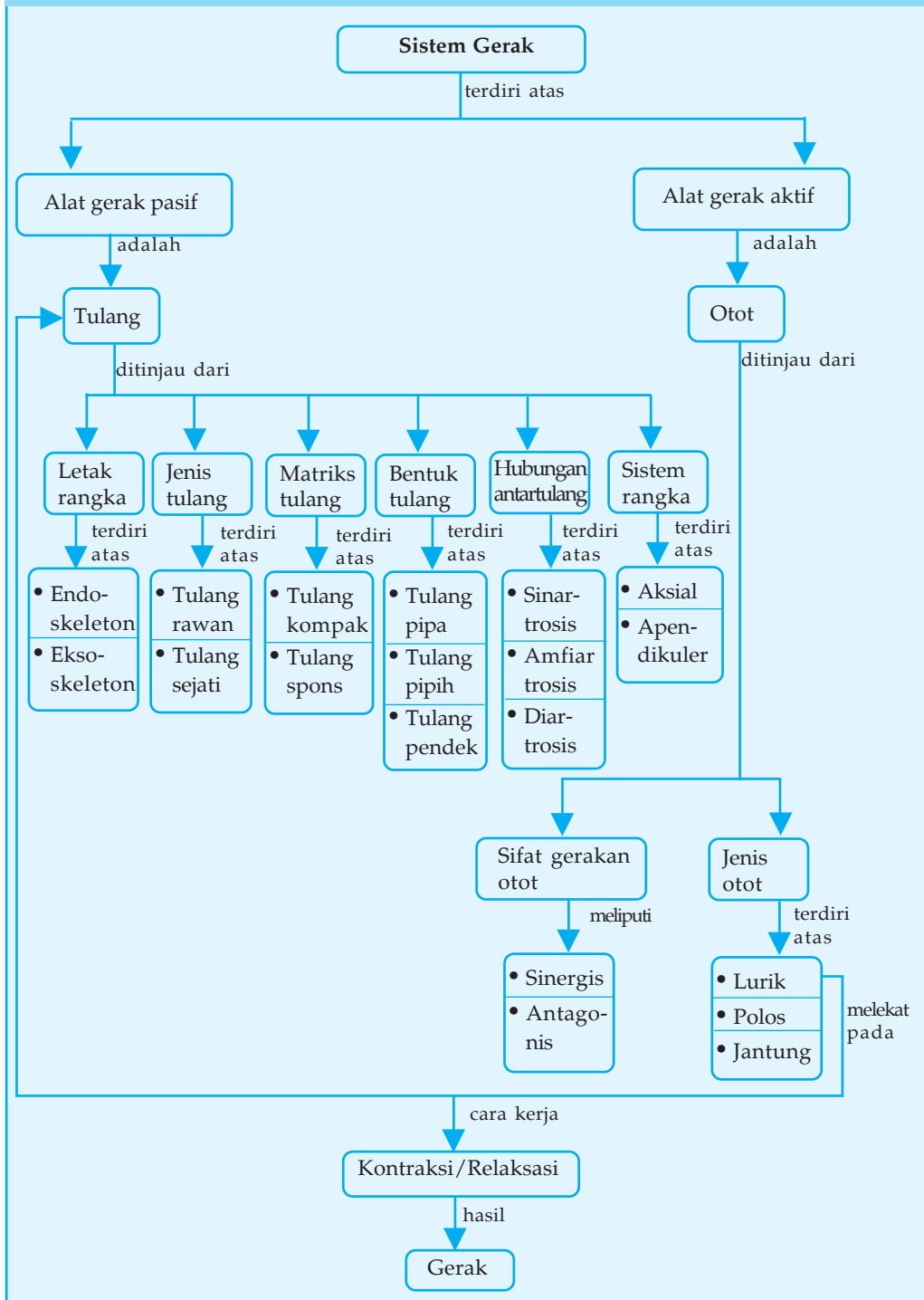
Gambar 3.1 Gerak Berlari

Setiap manusia hidup melakukan aktivitas bergerak, misalnya gerak badan berjalan dan berlari. Aktivitas gerak itu dilakukan oleh otot dan rangka. Tanpa kita sadari pun, otot-otot organ dalam selalu bergerak menjalankan fungsinya.

Kata Kunci

- rangka
- otot
- tulang
- sendi
- artikulasi
- osteon
- epifise
- kalsifikasi
- endoskeleton
- antagonis
- kontraksi

PETA KONSEP



Dalam satu hari, banyak aktivitas yang kita lakukan, misalnya mandi, makan, berjalan, berlari, berolahraga, dan sebagainya. Manusia dapat melakukan segala macam aktivitas bergerak itu karena dia memiliki sistem organ gerak. Organ gerak manusia ada dua macam, yaitu otot dan rangka. Bagaimana alat tersebut dapat membantu gerakan kita? Anda dapat mengetahuinya dengan mempelajari bab ini.

A LETAK DAN FUNGSI RANGKA

Anda tentu pernah makan ayam goreng. Jika sedang makan ayam, maka Anda akan menemukan bagian daging yang berada di sebelah luar dan tulang yang berwarna putih di bagian dalamnya. Daging ini sebenarnya adalah otot, adapun tulang-tulang akan membentuk suatu kesatuan yang disebut rangka. Coba perhatikan, letak otot dan rangka yang berdampingan dan melekat sangat erat. Coba jelaskan hubungan antara keduanya! Apa pula fungsi keduanya bagi tubuh ayam?

Pertanyaan tersebut bisa dihubungkan dengan beberapa aktivitas sehari-hari yang kita lakukan. Kita bisa bergerak, berjalan, dan melakukan berbagai aktivitas karena ada bagian tubuh yang mengadakan *kontraksi* dan *relaksasi*. Bagian tersebut adalah rangka dan otot.

Gerakan kita sebenarnya merupakan hasil kerja sama dari rangka dan otot. Otot adalah bagian tubuh yang mampu berkontraksi, sedangkan rangka tidak mempunyai kemampuan seperti itu. Jika otot berkontraksi, secara otomatis rangka juga ikut bergerak karena otot terletak melekat erat dengan rangka. Oleh sebab itu dapat dikatakan bahwa otot adalah alat gerak aktif, sedangkan rangka merupakan alat gerak pasif. Mengapa rangka dapat dikatakan sebagai alat gerak pasif? Hal ini disebabkan pergerakan rangka sebenarnya disebabkan adanya kontraksi otot.

Berdasarkan letak susunannya, rangka dapat dibedakan menjadi dua.

1. Rangka *endoskeleton*, yaitu rangka yang terletak di dalam tubuh
2. Rangka *eksoskeleton*, rangka ini terletak di luar tubuh.

Rangka endoskeleton terdapat pada hewan vertebrata, sedangkan rangka eksoskeleton terdapat pada hewan invertebrata. Coba Anda berikan contohnya!

Apakah fungsi rangka bagi tubuh? Secara umum, fungsi rangka adalah sebagai berikut.

1. Sebagai Alat Gerak Pasif

Rangka bisa bergerak apabila ada kontraksi otot sehingga dikatakan bahwa gerak rangka tergantung otot.

2. Tempat Melekatnya Otot Rangka

Letak otot melekat pada rangka. Otot dan rangka letaknya berdampingan dan melekat erat.

3. Memberi Bentuk Tubuh

Konstruksi tulang pada tubuh kita yang sedemikian rupa dapat memberi bentuk tubuh. Perhatikan bentuk tubuh Anda dari kepala, badan, lengan, dan kaki, yang mempunyai bentuk berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena kerangka yang berbeda-beda pula. Coba sebutkan bentuk masing-masing anggota tubuh tersebut!

4. Memberi Kekuatan dan Menunjang Tegaknya Tubuh

Jika kita ukur, berat tulang yang sebenarnya pada orang dewasa \pm 5-9 kg. Jika dibandingkan dengan berat tubuh kita, masih ringan bukan? Tetapi, meskipun demikian ternyata tulang kita memiliki kekuatan luar biasa. Buktinya, ia dapat menopang berat badan tubuh kita yang lebih berat. Coba perhatikan seorang pekerja keras, seperti kuli bangunan yang sering mengangkat beban berat, hal ini menunjukkan kekuatan yang luar biasa pada tulang kita. Tulang yang kuat terutama adalah tulang yang berbentuk pipa, yaitu yang terletak di lengan dan pangkal kaki.



Perlu Diketahui

Tulang merupakan hasil arsitektur yang sempurna. Tulang paha memiliki kekuatan lebih daripada sebatang beton padat yang sama beratnya. Kekuatan ini akan sangat berguna untuk menopang berat tubuh manusia saat berjalan. Akan tetapi, di sisi lain konstruksi tulang juga ringan sehingga kita dapat berjalan atau berlari cepat.

5. Melindungi Organ Tubuh yang Lemah

Tulang yang mempunyai fungsi ini terutama yang menyusun tulang dada, tulang rusuk, dan tulang belakang. Dengan adanya tulang-tulang tersebut, organ tubuh yang vital seperti jantung dan paru-paru dapat terlindungi.

6. Tempat Pembentukan Sel Darah



Perlu Diketahui

Tingkat produksi sumsum tulang mencapai 260 miliar sel darah merah dan 135 miliar sel darah putih per hari.

Sel darah dibentuk di dalam sumsum tulang. Sumsum tulang ini terletak di rongga-rongga bagian dalam tulang.

B MACAM-MACAM TULANG DAN STUKTURNYA

Tulang-tulang penyusun tubuh dibedakan berdasarkan hal-hal berikut.

1. Jenis Tulang

a. Tulang Rawan (Kartilago)

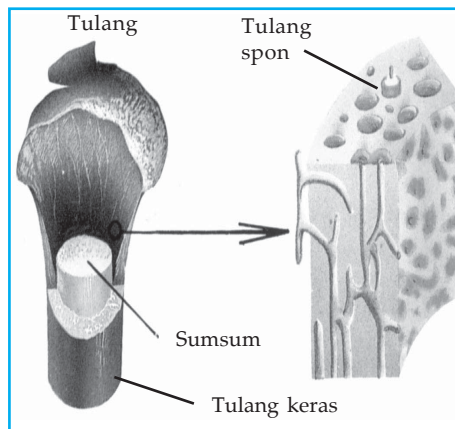
Jika Anda meraba permukaan hidung dan telinga, maka Anda akan merasakan permukaan yang lentur. Itulah contoh tulang rawan. Tulang rawan dapat ditemukan pada embrio, anak-anak, dan orang dewasa. Tulang rawan pada embrio dan anak-anak berasal dari sel-sel *mesenkim*. Pada embrio, bagian dalam tulang rawan berongga dan berisi sel-sel pembentuk tulang yang disebut *osteoblas*.

Tulang rawan pada anak-anak lebih banyak mengandung sel-sel tulang rawan daripada matriksnya. Kondisi ini berkebalikan dengan tulang rawan pada orang dewasa yang justru lebih banyak mengandung matriks. Tulang rawan pada orang dewasa terbentuk dari selaput rawan yang disebut *perikondrium*, yang banyak mengandung matriks.

Tulang rawan pada orang dewasa terbentuk dari selaput rawan yang disebut *perikondrium*, yang banyak mengandung sel-sel pembentuk tulang rawan yang disebut *kondrioblas*. Tulang rawan ini dapat dijumpai pada bagian tubuh, di antaranya pada ujung tulang persendian, taju pedang, cincing batang tenggorok, daun telinga, antara tulang rusuk, antara ruas tulang belakang, dan lain-lain.

b. Tulang Sejati (Osteon)

Untuk mengetahui tulang sejati, coba peganglah pergelangan tangan Anda, kemudian tekanlah! Anda akan menemukan sebuah tulang yang keras. Itulah salah satu contoh tulang sejati. Tulang sejati bersifat keras dan matriksnya banyak mengandung kalsium dan fosfat. Matriks tulang juga banyak mengandung zat perekat. Di dalamnya terdapat jaringan-jaringan seperti sarang lebah yang sangat keras dan kuat, pada bagian tengah tulang terdapat sumsum tulang yang bertugas membuat sel darah merah dan sel darah putih.



Gambar 3.2 Struktur tulang

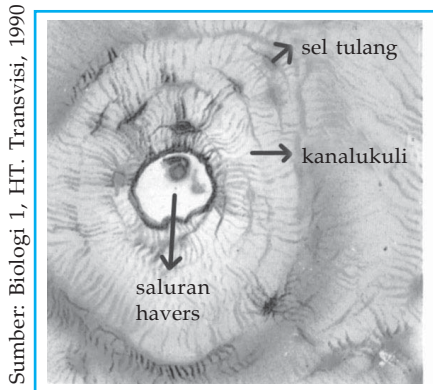
Sumber: Biologi 1, HT. Transvisi, 1990

Struktur tulang dapat Anda lihat pada Gambar 3.2! Setiap satuan sel tulang disebut dengan sistem Havers. Sistem Havers ini melingkari pembuluh darah dan saraf.

2. Matriks Tulang

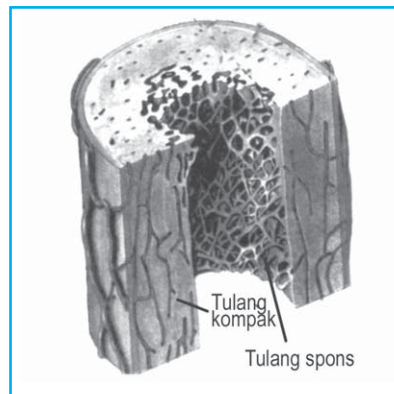
Berdasarkan matriks penyusunnya, tulang dibedakan menjadi dua, yaitu tulang kompak dan tulang spons.

a. Tulang Kompak



Gambar 3.3 Jaringan tulang kompak

Tulang kompak memiliki matriks yang padat dan rapat, misalnya terdapat pada tulang pipa. Struktur tulang kompak dapat dilihat pada Gambar 3.3!



Gambar 3.4 Jaringan tulang spons

Sumber: Biology, Reaven Jhonson, 2003

b. Tulang Spons

Tulang spons memiliki matriks yang berongga. Misalnya, terdapat pada tulang pipih dan pendek. Perhatikan struktur tulang spon pada Gambar 3.4!

3. Bentuk Tulang

Berdasarkan bentuknya, tulang dibedakan menjadi tiga, yaitu tulang pipa, tulang pipih, dan tulang pendek.

a. Tulang Pipa

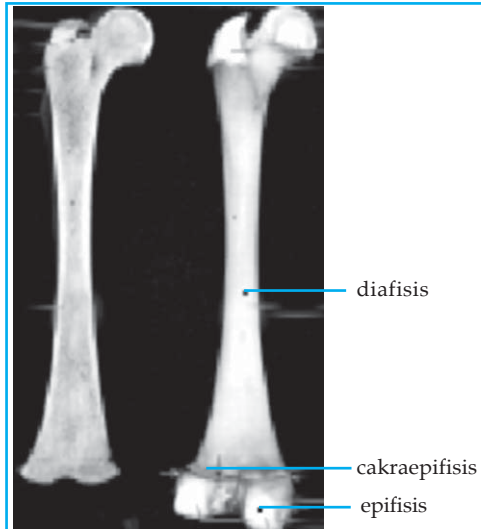
Tulang pipa berbentuk bulat panjang. Tulang pipa dijumpai pada anggota gerak. Setiap tulang pipa terdiri atas bagian batang dan dua bagian ujung. Tulang pipa bekerja sebagai alat ungkit dari tubuh dan memungkinkan adanya pergerakan. Di bagian tengah terdapat rongga besar yang berisi sumsum kuning dan banyak mengandung zat lemak. Contoh tulang pipa adalah tulang lengan atas, tulang hasta, tulang pengumpil, tulang telapak tangan, dan tulang betis.

Bagian-bagian dari tulang pipa, antara lain sebagai berikut.

- 1) *Epifisis*, yaitu kedua ujung tulang.
- 2) *Diafisis*, yaitu bagian tengah tulang
- 3) *Cakraepifisis*, yaitu sambungan epifisis dan diafisis.
- 4) Tulang rawan daerah sendi.
- 5) *Kanalis medularis*, yaitu rongga memanjang di dalam diafisis yang diisi oleh sumsum tulang kuning.
- 6) *Periosteum*, yaitu selaput yang menyelimuti bagian luar tulang. Periosteum mengandung *osteoblas* (sel pembentuk jaringan tulang), jaringan ikat, dan pembuluh darah. Periosteum merupakan tempat melekatnya otot-otot skeleton ke tulang dan berperan dalam nutrisi, pertumbuhan dan reparasi tulang rusak.

Agar pemahaman Anda tentang struktur dan bentuk tulang pipa lebih jelas, perhatikan Gambar 3.5!

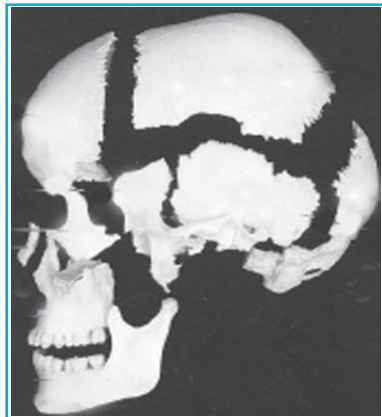
Sumber: Anatomi Manusia, 1984



Gambar 3.5 Tulang pipa

b. Tulang Pipih

Tulang pipih berbentuk pipih dan lebar. Tulang pipih terdiri atas dua lapisan jaringan tulang keras dan di tengahnya berupa lapisan tulang seperti bunga karang (spons) yang di dalamnya berisi sumsum merah sebagai tempat pembentukan sel-sel darah. Tulang-tulang pipih berperan dalam melindungi organ tubuh. Tulang pipih terdapat pada tulang tengkorak, belikat, rusuk, dan tulang wajah. Perhatikan contoh bentuk tulang pipih pada Gambar 3.6!



Sumber: Anatomi Manusia, 1984

Gambar 3.6 Tulang tengkorak

c. Tulang Pendek

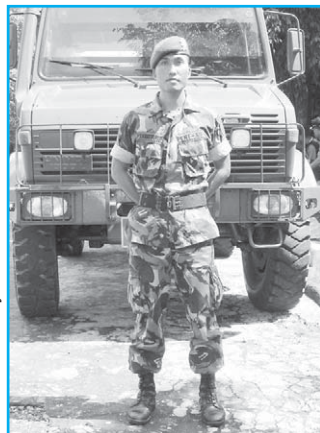
Tulang pendek berbentuk bulat dan berukuran pendek, tidak beraturan, misalnya terdapat pada tulang pergelangan tangan, pergelangan kaki, telapak tangan, dan telapak kaki. Tulang pendek diselubungi jaringan padat tipis. Tulang pendek sebagian besar terbuat dari jaringan tulang jarang karena



diperlukan sifat yang ringan dan kuat. Karena kuatnya, maka tulang pendek mampu mendukung bagian tubuh seperti terdapat pada tulang pergelangan tangan. Agar Anda lebih jelas memahami bentuk tulang pendek, perhatikan Gambar 3.7!

Gambar 3.7 Tulang tangan dan kaki

C SISTEM RANGKA MANUSIA



Gambar 3.8
Manusia dapat berdiri tegak
karena memiliki rangka

Coba perhatikan Gambar 3.8 di samping! Tubuh dapat mempunyai konstruksi yang sedemikian rupa karena adanya kerangka yang membentuknya. Kita juga dapat berdiri tegak karenanya. Keadaan ini merupakan hasil arsitektur yang sempurna dari penciptanya, yaitu Tuhan Yang Maha Esa. Oleh karena itu, kita wajib mensyukuri karunia Tuhan ini.

Pada dasarnya kerangka manusia dikelompokkan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

1. Rangka Aksial

Rangka ini merupakan rangka yang tersusun dari tulang tengkorak, tulang belakang, tulang rusuk (iga) dan tulang dada.

a. Tulang Tengkorak (Kranium)

Tulang tengkorak tersusun dari 22 tulang yang membentuk satu kesatuan dan berfungsi untuk melindungi organ-organ tubuh yang berada di bagian kepala, misalnya mata, telinga dalam, dan otak. Tulang-tulang yang menyusun tulang tengkorak dibedakan menjadi dua.

1) Tulang-tulang yang membentuk bagian kepala

Kelompok tulang-tulang ini meliputi:

- a) tulang baji (*sphenoid*) 2 tulang;
- b) tulang tapis (*etmoid*) 1 tulang;
- c) tulang pelipis (*temporal*) 2 tulang;
- d) tulang dahi (*frontal*) 1 tulang;
- e) tulang ubun-ubun (*parietal*) 2 tulang;
- f) tulang kepala belakang (*oksipital*) 1 tulang.

2) Tulang-tulang yang menyusun wajah

Kelompok tulang-tulang ini meliputi:

- a) tulang rahang atas (*maksila*) 2 tulang;
- b) tulang rahang bawah (*mandibula*) 2 tulang;
- c) tulang pipi (*zigomatikus*) 2 tulang;
- d) tulang langit-langit (*palatinum*) 2 tulang;
- e) tulang hidung (*nasale*) 2 tulang;
- f) tulang mata (*lakrimalis*) 2 tulang;
- g) tulang pangkal lidah 1 tulang.

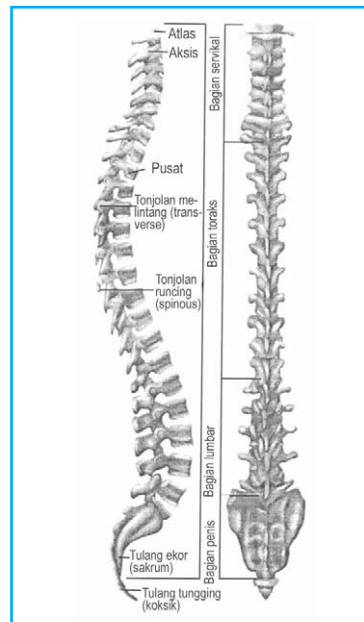
b. Tulang Belakang (Vertebrae)

Mengapa manusia bisa berdiri tegak? Hal ini disebabkan antara lain karena memiliki tulang belakang. Tulang belakang ini bersifat kuat tetapi lentur. Mengapa demikian? Ini disebabkan karena tulang belakang bertugas menopang hampir dua pertiga dari berat badan. Di sisi lain ia harus melakukan banyak pergerakan tubuh, antara lain memutar kepala dan sebagainya. Tulang belakang ini juga berfungsi untuk melindungi saraf-saraf tulang belakang.

Ruas tulang belakang manusia berjumlah 33 buah. Tulang-tulang tersebut membentuk suatu kesatuan memanjang yang membentuk sumbu tubuh dan menopang tengkorak.

✓ Perlu Diketahui

Ada beberapa keunikan yang terdapat pada tulang belakang, antara lain bentuknya yang melengkung seperti huruf S. Selain itu terdapatnya bantalan yang disebut *diskus* di setiap dua tulang punggung yang bertumpuk tindih, sehingga kedua tulang tidak mengalami gesekan. Dengan adanya 2 keunikan ini, maka tulang belakang dapat meredam hentakan ketika kita berjalan maupun berlari, sehingga akan melindungi otak dari guncangan yang kuat. Inilah salah satu kenikmatan yang diberikan Tuhan dan harus kita syukuri.



Gambar 3.9 Ruas tulang belakang

Sumber: Struktur dan Fungsi Tubuh Manusia, 2004

Dari gambar 3.9 terlihat bahwa tulang belakang tersusun dari beberapa tulang, antara lain seperti berikut.

1) Tulang Leher (*Servikal*)

Ruas pertama tulang leher disebut atlas, sedangkan ruas kedua disebut tulang pemutar. Tulang leher terdiri atas 7 buah tulang yang bertugas menopang kepala, leher, dan menggerakkan kepala untuk menunduk, serta menengadah ke samping kiri dan kanan.

2) Tulang Punggung (*Dorsalis*)

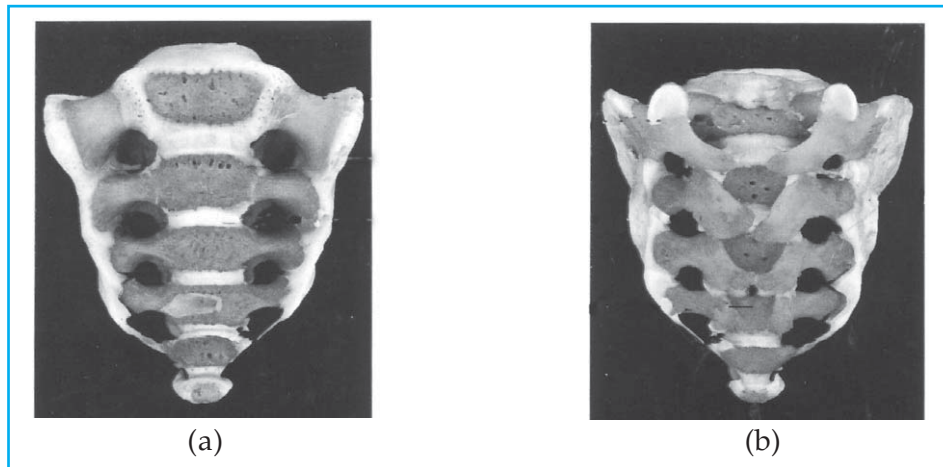
Tulang punggung memiliki 12 buah tulang yang bersifat agak kaku sebab tulang-tulang di bagian ini hampir semuanya dipersatukan oleh tulang rusuk.

3) Tulang Pinggang (*Lumbal*)

Ada 5 buah tulang yang menyusun tulang pinggang pada daerah ini, biasanya sering terjadi gangguan, misalnya nyeri atau pegel linu.

4) Tulang Sakral (*Sakrum*)

Penyusun tulang ini adalah tulang kelangkang yang berjumlah 5 buah dan tulang ekor yang berjumlah 4 buah. Tulang-tulang ini membentuk sebagian tulang pinggul. Struktur tulang sakral dapat Anda lihat pada Gambar 3.10!



Sumber: Anatomi Manusia, 1984

Gambar 3.10 Tulang sakral tampak dari depan (a) dan belakang (b)

c. Tulang Rusuk/Iga (*Costae*)

Penyusun tulang rusuk berjumlah 12 pasang, yaitu terdiri atas bagian-bagian berikut.

- 1) Tulang rusuk sejati (*costa vera*) sebanyak 7 pasang.

Bagian depan tulang rusuk sejati menempel pada tulang dada dan bagian belakangnya menempel pada ruas-ruas tulang punggung.

- 2) Tulang rusuk palsu (*costa spuria*) sebanyak 3 pasang.

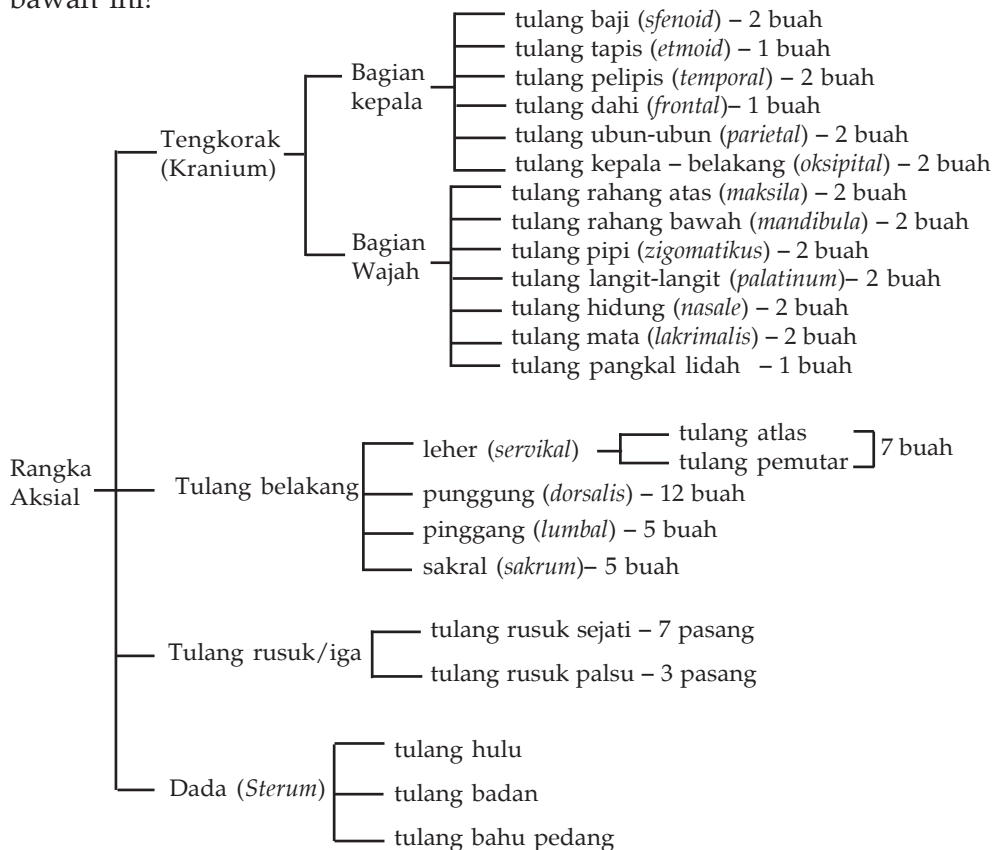
Bagian depan tulang rusuk palsu menempel pada tulang rusuk di atasnya dan bagian belakang menempel pada ruas-ruas tulang punggung.

d. Tulang Dada (*Sterum*)

Tulang dada terdiri atas tulang-tulang yang berbentuk pipih, antara lain:

- 1) tulang hulu,
- 2) tulang badan,
- 3) tulang bahu pedang.

Untuk mempermudah mempelajari uraian di atas perhatikan skema di bawah ini!



2. Rangka Apendikuler

Rangka apendikuler merupakan rangka yang tersusun dari tulang-tulang bahu, tulang panggul, dan tulang anggota gerak atas dan bawah.

a. Tulang Bahu

Tulang bahu terdiri atas dua bagian.

- 1) Tulang belikat (*skapula*)

Tulang belikat berjumlah 2 buah yang berbentuk segibagu dan taju paruh gagak.

- 2) Tulang selangka (*klavikula*)

Tulang selangka berjumlah 2 buah. Tulang selangka berbentuk seperti huruf s. Ujung yang satu melekat pada tulang dada sedangkan ujung yang lain berakhir pada ujung bahu. Tulang selangka menjadi penghubung antara gelang bahu dan rangka tubuh.

b. Tulang Panggul (Pelvis)

Tulang panggul terdiri atas tiga bagian.

- 1) tulang usus (*ileum*) berjumlah 2 buah,
- 2) tulang duduk (*iskhium*) berjumlah 2 buah,
- 3) tulang kemaluan berjumlah 2 buah.

c. Tulang Anggota Gerak Atas

Tulang-tulang penyusun anggota gerak atas, antara lain seperti berikut.

- 1) Tulang lengan atas (*humerus*)

Tulang lengan atas (*humerus*) berjumlah 2 buah. Tulang ini merupakan tulang terpanjang dari anggota atas. Tulang humerus sebelah atas bundar tetapi semakin ke bawah menjadi lebih pipih, sedangkan ujung bawahnya lebar dan agak pipih. Pada bagian paling bawah terdapat permukaan sendi yang dibentuk bersama tulang lengan bawah.

- 2) Tulang hasta (*ulna*)

Tulang hasta (*ulna*) berjumlah 2 buah. Tulang-tulang ini berbentuk pipa dengan ujung yang kuat dan tebal. Batang tulang hasta mendekati ujung bawah makin kecil. Fungsinya memberi kaitan kepada otot yang mengendalikan gerakan dari pergelangan tangan dan jari. Ujung bawah tulang hasta kecil dibandingkan dengan ujung atasnya.

- 3) Tulang pengumpil (*radius*)

Tulang pengumpil (*radius*) berjumlah 2 buah. Tulang pengumpil (*radius*) merupakan tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung serta lebih pendek daripada tulang hasta.

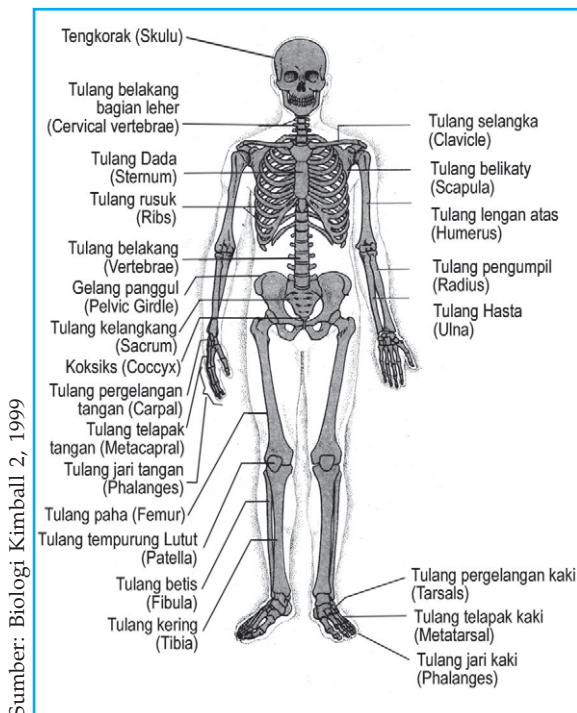
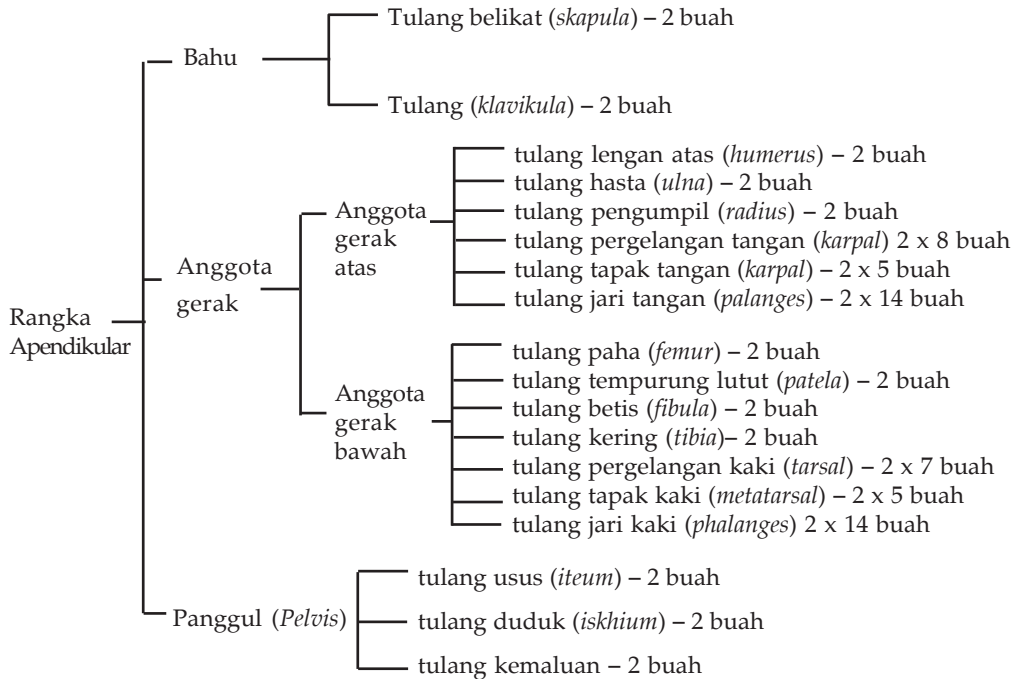
- 4) Tulang pergelangan tangan (*karpal*)
Tulang pergelangan tangan (*karpal*) berjumlah 2 kali 8 buah.
- 5) Tulang tapak tangan (*metakarpal*)
Tulang tapak tangan (*metakarpal*) berjumlah 2 kali 5 buah tulang.
- 6) Tulang jari-jari (*phalanges*)
Tulang jari-jari (*phalanges*) berjumlah 2 kali 14 ruas jari.

d. Tulang Anggota Gerak Bawah

Tulang anggota gerak bawah tersusun dari bagian-bagian berikut.

- 1) Tulang paha (*femur*)
Tulang paha (*femur*) berjumlah 2 buah. Tulang paha (*femur*) merupakan tulang terpanjang dari tubuh, yang berupa tulang pipa dan mempunyai sebuah batang dan dua ujung.
- 2) Tulang tempurung lutut (*patela*)
Tulang tempurung lutut (*patela*) berjumlah 2 buah. Tulang tempurung lutut (*patela*) terletak di depan sendi lutut, tetapi tidak ikut serta di dalamnya.
- 3) Tulang betis (*fibula*)
Tulang betis (*fibula*) berjumlah 2 buah. Tulang ini merupakan tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung. Tulang betis adalah tulang sebelah lateral tungkai bawah.
- 4) Tulang kering (*tibia*)
Tulang kering (*tibia*) berjumlah 2 buah. Tulang kering (*tibia*) ini merupakan kerangka yang utama dari tungkai bawah dan terletak medial dari tulang betis. Tulang kering merupakan tulang pipa dengan sebuah batang dan dua kali ujung.
- 5) Tulang pergelangan kaki (*tarsal*)
Tulang pergelangan kaki (*tarsal*) berjumlah 2 kali 7 buah.
- 6) Tulang tapak kaki (*metatarsal*)
Tulang tapak kaki (*metatarsal*) berjumlah 2 kali 5 buah tulang.
- 7) Tulang jari kaki (*phalanges*) berjumlah 2 kali 14 ruas jari.

Agar mudah mempelajari uraian rangka apendikuler tersebut, perhatikan diagram berikut!



Untuk memahami tentang letak dan bentuk tulang-tulang tersebut, perhatikan gambar model rangka manusia pada Gambar 3.11 di samping! Bandingkan gambar itu dengan model kerangka manusia di laboratorium biologi sekolah Anda! Tunjukkan bagian-bagian seperti pada gambar di samping. Untuk lebih memahami struktur rangka, lakukan kegiatan berikut ini!

Gambar 3.11 Kerangka manusia

KEGIATAN KELOMPOK 1

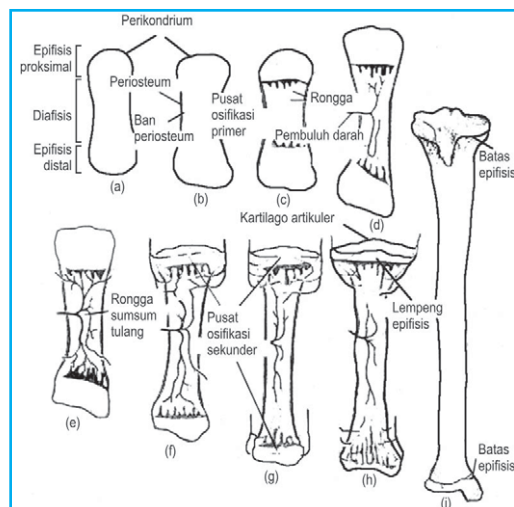
- Tujuan** : Memahami struktur rangka vertebrata dan menunjukkan bagian-bagiannya
- Alat dan bahan** : 1. Tulang-tulang ayam dan vertebrata lain
2. Model rangka manusia

Cara Kerja:

1. Amatilah berbagai macam tulang-tulang ayam atau vertebrata lain yang sudah Anda kumpulkan!
2. Kelompokkan yang termasuk tulang-tulang pipa, tulang pipih, dan tulang pendek, kemudian gambarkan dan berilah keterangan bagian-bagiannya.
3. Amatilah model rangka manusia, kemudian hitunglah jumlah tulang-tulang yang menyusun sistem kerangka tersebut! Kelompokkan perhitungannya berdasarkan tulang penyusun kepala, badan, dan anggota gerak.
4. Kelompokkan pula yang termasuk skeleton aksial dan skeleton apendikuler. Gambarkan masing-masing bagian-bagiannya dan lengkapi dengan keterangan-keterangannya. Kerjakan di buku tugas Anda!
5. Konsultasikan hasil yang Anda peroleh dengan guru pengampu!

D PERKEMBANGAN TULANG

Coba perhatikan tulang kepala bayi yang baru lahir! Bandingkan dengan tulang kepala Anda! Keadaan tulang pada bayi ini akan sangat menguntungkan karena memudahkan proses melahirkannya. Bayangkan, jika bayi memiliki tulang yang keras, pasti akan sangat menyulitkan dan menyakitkan dalam proses melahirkannya. Setelah lahir, tulang bayi akan mengalami proses *osifikasi*, yaitu proses pengerasan tulang, seperti terlihat pada Gambar 3.12!



Gambar 3.12 Osifikasi

Sumber: Struktur dan Fungsi Tubuh Manusia untuk Paramedis, 2005

Proses osifikasi terjadi dalam beberapa tahap: (a) kartilago, (b) ban periosteum terbentuk, (c) perkembangan pusat osifikasi primer, (d) masuknya pembuluh darah, (e) rongga sumsum tulang terbentuk, (f) penipisan dan pemanjangan ban, (g) pembentukan pusat osifikasi sekunder, (h) sisa kartilago sebagai lempeng epifisis, (i) pembentukan batas epifisis.

Berdasarkan kenyataan itu, dapat diketahui bahwa ternyata kita dilahirkan sudah dalam keadaan bertulang lengkap. Pernahkah Anda membayangkan bagaimana tulang kita dapat terbentuk? Sejak kapan pembentukan tulang terjadi pada tubuh kita?

Pada rangka manusia, rangka yang pertama kali terbentuk adalah tulang rawan (*kartilago*) yang berasal dari jaringan mesenkim. Tulang rawan ini sebenarnya terbentuk sejak masih dalam bentuk janin di dalam rahim seorang ibu, kurang lebih bulan ketiga dari proses kehamilan. Kemudian akan terbentuk *osteoblas* atau sel-sel pembentuk tulang. Osteoblas ini akan mengisi rongga-rongga tulang rawan.

Sel-sel tulang dibentuk terutama dari arah dalam ke luar (pembentukan secara konsentris). Setiap satuan-satuan sel-sel tulang ini melingkari suatu pembuluh darah dan saraf membentuk suatu saluran yang disebut saluran Havers.

Pada setiap kelompok lapisan terdapat sel tulang yang berada pada tempat yang disebut *lakuna*. Pada saluran Havers terdapat pembuluh darah yang berhubungan dengan pembuluh darah pada periosteum (selaput yang menyelimuti bagian luar tulang), yang bertugas memberikan zat makanan ke bagian-bagian tulang. Sekeliling sel-sel tulang ini terbentuk senyawa protein yang akan menjadi matriks tulang. Kelak ke dalam senyawa protein ini terdapat pula zat kapur dan fosfor, sehingga matriks tulang akan mengeras. Makin keras suatu tulang, makin berkurang pula zat perekatnya. Bahkan, pada tulang pipa yang keras sel-sel tulangnya telah mati sehingga hanya tampak lakuna saja.

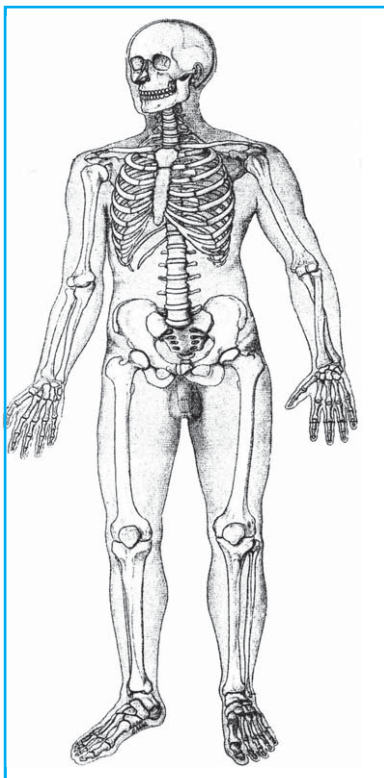
Tulang yang menyusun rangka manusia berjumlah kurang lebih 206 buah. Di sisi lain terdapat sel *osteoklas* yang berfungsi mengukir tulang dan mengubah bentuk sesuai dengan tingkat pertumbuhannya. Dapat diibaratkan bahwa sel osteoblas dan osteoklas bertugas untuk membongkar pasang tulang karena setiap saat sel-sel tulang ada yang mengalami kerusakan.

Pada kasus patah tulang, bagian tersebut harus secepatnya dikembalikan pada susunan semula. Apabila kasusnya parah, kadang-kadang ditambahkan pen untuk menyambung. Sel-sel tulang yang rusak akan dimakan oleh osteoklas dan terjadilah proses perbaikan tulang. Lama waktu pemulihan tulang tergantung pada umur seseorang. Proses pemulihan tulang pada anak-anak berlangsung lebih cepat dibandingkan orang tua.

TUGAS INDIVIDU

Agar mengetahui lebih jelas tentang hal ini, coba pergilah ke rumah sakit rehabilitasi patah tulang dan carilah informasi tentang proses pemulihan tulang akibat kecelakaan yang terjadi pada tulang!

E HUBUNGAN ANTARTULANG



Sumber: Anatomi Manusia, 1984

Gambar 3.13 Persendian pada manusia

Coba gerakkan siku tangan dan lutut kaki Anda dengan gerakan menekuk! Apakah anggota gerak Anda itu dapat digerakkan menekuk? Mengapa bisa terjadi demikian? Jika Anda perhatikan, pada anggota badan yang tertekuk tersebut, dapat diketahui bahwa di sana terdapat 2 tulang yang saling dihubungkan. Itulah yang dimaksud persendian atau *artikulasi*. Sendi yang menyusun kerangka manusia terdapat di beberapa tempat. Ini dapat dijelaskan pada Gambar 3.13 berikut!

Dari gambar tersebut dapat diketahui berbagai macam sendi. Secara garis besar, sendi-sendi tersebut dapat dibedakan menjadi 3 macam.

1. Amfiartrosis

Amfiartrosis adalah persendian di mana gerakan yang terjadi amat terbatas. Misalnya hubungan antartulang rusuk dengan ruas-ruas tulang belakang. Tulang-tulang tersebut dapat menimbulkan gerakan pada saat kita bernapas.

2. Sinartrosis

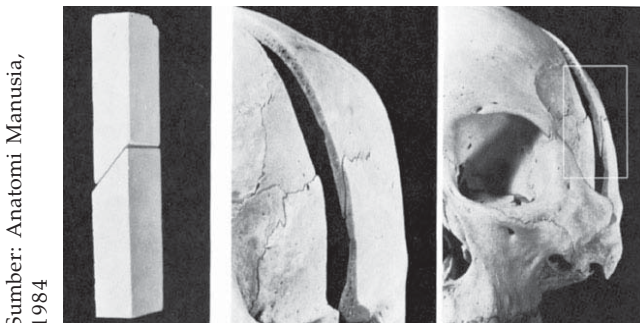
Persendian sinartrosis tidak memungkinkan adanya gerakan. Persendian ini dibedakan menjadi dua.

a. Sinartrosis Sinkondrosis

Pada persendian ini penghubungnya adalah tulang rawan. Misalnya:

- a) hubungan antara tulang rusuk dan ruas tulang dada;
- b) hubungan antara ruas-ruas tulang belakang.

b. Sinartrosis Sinfibrosis



Sumber: Anatomi Manusia, 1984

Pada persendian ini penghubungnya adalah serabut jaringan ikat. Misalnya, hubungan antar tulang tengkorak (*sutura*). Hubungan itu dapat Anda lihat pada Gambar 3.14!

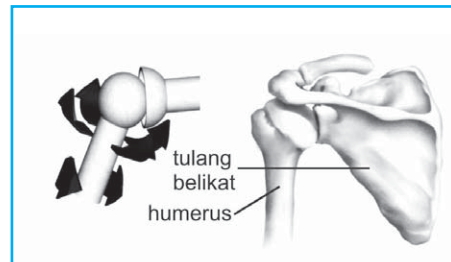
Gambar 3.14 Persendian sinartrosis sinfibrosis

3. Diartrosis

Pada jenis persendian diartosis, gerakan yang terjadi banyak dan leluasa. Macam-macam persendian diartosis yaitu sebagai berikut.

a. Sendi Peluru

Sendi peluru adalah hubungan antartulang di mana kedua ujung tulang berbentuk bongkol dan lekuk, serta memungkinkan pergerakan yang lebih bebas berporos tiga. Hubungan ini terjadi pada persendian antara tulang belikat dengan tulang lengan atas, antara tulang paha dengan tulang pinggul. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 3.15!

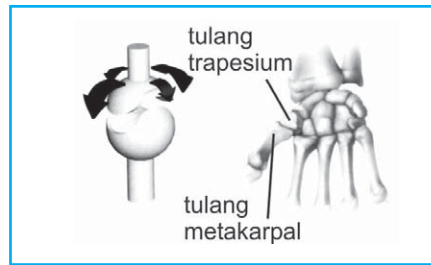


Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar 3.15 Sendi peluru

b. Sendi Pelana

Hubungan antartulang yang memungkinkan gerakan kedua arah, dengan bidang-bidang sendinya berbentuk pelana. Hubungan ini dapat terjadi pada persendian antara tulang pergelangan tangan dengan tulang telapak tangan, persendian pada ibu jari, metakarpal dan karpal. Agar lebih jelas, dapat Anda perhatikan Gambar 3.16!

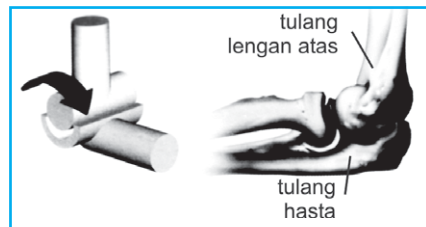


Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar 3.16 Sendi pelana

c. Sendi Engsel

Hubungan antartulang di mana ujung-ujungnya seperti engsel dan berbentuk lekukan. Gerakan sendi ini mempunyai 1 poros. Hubungan ini dapat terjadi pada siku, lutut, dan jari-jari. Perhatikan Gambar 3.17!

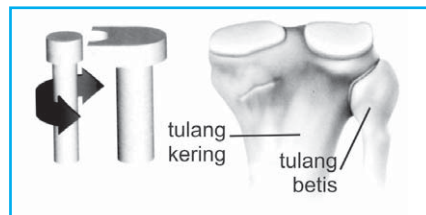


Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar 3.17 Sendi engsel

d. Sendi Putar

Hubungan antartulang, di mana tulang yang satu berputar terhadap tulang lain. Gerakan rotasi dari sendi putar memiliki 1 poros. Hubungan sendi ini dapat terjadi antara tulang hasta dan tulang pengumpil, antara tulang kepala dan tulang atlas, antara tulang betis dan kering. Untuk lebih jelasnya dapat Anda lihat pada Gambar 3.18!



Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar 3.18 Sendi putar

e. Sendi Luncur

Hubungan antartulang yang memungkinkan gerakan tulang badan membungkuk dan menggeliat. Sendi ini tidak berporos. Hubungan ini dapat terjadi pada hubungan antar-ruas tulang belakang, persendian antara pergelangan tangan dan tulang pengumpil seperti terlihat pada gambar 3.19!



Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar 3.19 Sendi luncur

Agar pemahaman Anda tentang sistem kerja pada persendian lebih jelas, lakukan Kegiatan Kelompok 2 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 2

- Tujuan** : Memahami sistem kerja persendian pada tubuh manusia
- Alat dan Bahan** : Model rangka manusia
- Cara Kerja** :
1. Amatilah model rangka manusia di laboratorium sekolah Anda.
 2. Perhatikan hubungan antartulang satu dengan lainnya dan jelaskan hubungan yang terjadi antara kedua tulang tersebut! Bagaimana kemungkinan pergerakannya? Selanjutnya, gambarkan persendian yang terbentuk serta catatlah ciri-ciri dan arah geraknya dalam bentuk tabel di buku tugas Anda.
 3. Bandingkan dengan persendian yang ada pada tubuh Anda dan gerakkan seperti arah pergerakan pada contoh di atas.
 4. Kesimpulan apakah yang dapat Anda peroleh dari kegiatan ini?
 5. Mintalah saran atau pendapat tentang kesimpulan Anda tersebut!

F KELAINAN TULANG

Tak ubahnya dengan sistem organ yang lain, sistem gerak juga dapat mengalami gangguan atau kelainan. Faktor-faktor penyebab gangguan atau kelainan, antara lain disebabkan oleh kebiasaan, pola hidup, atau bisa pula berasal dari pembawaan. Pernahkah Anda mengalami gangguan kesehatan yang berkaitan dengan anggota gerak? Jika pernah, bagaimana aktivitas yang Anda lakukan? Terganggu bukan?

Beberapa gangguan kesehatan dan kelainan yang terjadi pada anggota gerak tubuh adalah sebagai berikut.

1. Kelainan pada Tulang

Beberapa kelainan yang terjadi pada tulang adalah sebagai berikut.

a. Fraktura

Pada kelainan tulang ini, tulang mengalami retak/patah tulang akibat mengalami benturan keras, misalnya karena kecelakaan. Pemulihan untuk kelainan ini, yaitu dengan mengembalikan pada susunan semula secepat mungkin. Pada kasus patah tulang, untuk menyambungkannya ditambahkan pen atau platina. Setelah tulang mengalami pertumbuhan dan menyatu, pen/platina akan diambil kembali.

Tulang lengan yang patah memerlukan waktu penyembuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan tulang paha. Waktu untuk penyembuhan tulang lengan \pm 1 bulan, sedangkan pada tulang paha berlangsung \pm 6 bulan. Coba Anda analisis dan tanyakan pada guru biologi Anda, mengapa bisa demikian?

b. Kelainan Bawaan Sejak Lahir

Contoh kelainan ini adalah bentuk kaki X atau O. Kelainan ini disebabkan oleh faktor keturunan dan gangguan-gangguan saat seorang ibu mengandung, misalnya ibu tersebut kekurangan vitamin D dan kalsium. Oleh sebab itu, ibu yang sedang hamil dianjurkan untuk banyak makan sayur dan susu kalsium.

c. Arthritis

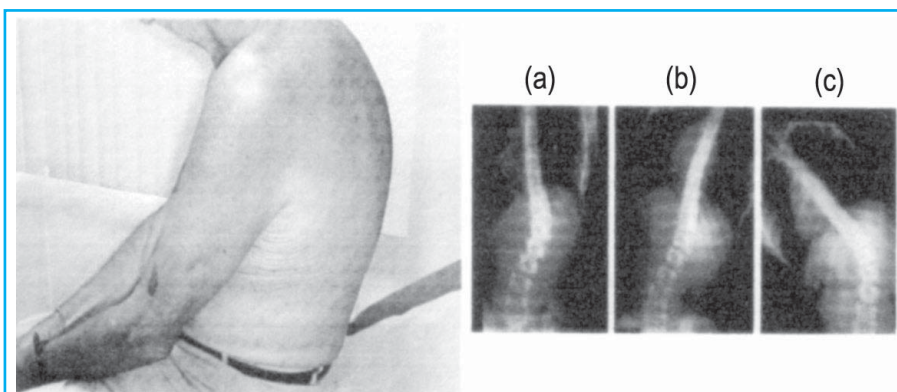
Penyakit ini disebabkan terjadinya peradangan yang terjadi pada persendian. Beberapa hal yang menyebabkan penyakit ini adalah sebagai berikut.

- 1) Metabolisme asam urat yang terganggu, sehingga asam urat tertimbun pada sendi. Keadaan ini akan menimbulkan sakit, terutama pada jari-jari tangan maupun kaki.
- 2) Penumpukan bahan kapur di antara dua tulang sehingga mengakibatkan sendi sulit digerakkan dan kaku. Biasanya sendi akan membengkak dan terasa sakit.

d. Gangguan yang Terjadi pada Tulang Belakang

Gangguan ini disebabkan karena kebiasaan tubuh yang salah, kelainan ini antara lain seperti berikut.

- 1) *Lordosis*, yaitu keadaan tulang belakang yang melengkung ke depan.
- 2) *Kifosis*, adalah keadaan tulang belakang melengkung ke belakang, sehingga badan terlihat bongkok.
- 3) *Skoliosis*, yaitu keadaan tulang belakang melengkung ke samping kiri atau kanan. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 3.20!



Gambar 3.20 Hasil foto rontgen kelainan tulang (a) *kifosis* (b) *skoliosis* (c) *lordosis*

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

Untuk menghindari gangguan tersebut, sebaiknya kita berolahraga secara teratur, menghindari kebiasaan sikap tubuh yang salah, misalnya cara duduk yang benar yaitu keadaan tulang belakang harus lurus. Jika kita tidur, sebaiknya berkasur padat, begitu pula saat duduk di kursi sebaiknya memilih alas duduk yang padat. Memang nyaman duduk di sofa yang empuk, namun keadaan demikian akan memaksa otot-otot punggung bawah untuk bekerja mempertahankan susunan normal tulang-tulangnya.



Perlu Diketahui

Hal penting yang perlu kita ketahui pada penanganan atau memberi pertolongan pada korban kecelakaan adalah kita pastikan dahulu korban dapat menggerakkan tangan atau kakinya. Jangan terburu-buru diangkat dahulu karena apabila korban mengalami kerusakan tulang belakang dapat memperparah kondisi dan dapat menyebabkan kelumpuhan.

• Sekilas Tokoh

Wilhelm Conrad Roentgen

Sumber: Encarta Encyclopedia, 2006



Wilhelm Conrad Roentgen

Bisakah Anda bayangkan andaikata dunia tak punya alat rontgen? **Wilhelm Conrad Roentgen** adalah penemu sinar X, ia dilahirkan pada tahun 1845 di kota Lennep, Jerman. Dia memperoleh gelar doktor tahun 1869 dari Universitas Zurich. Selama sembilan belas tahun sesudah itu, Roentgen bekerja di berbagai universitas, dan lambat laun memperoleh reputasi sebagai seorang ilmuwan. Tahun 1888 dia diangkat jadi guru besar bidang fisika dan Direktur Lembaga Fisika Universitas Wurburg. Di situlah, tahun 1895, Roentgen membuat penemuan yang membuat namanya terkenal.

Tanggal 8 November 1895, Roentgen sedang melakukan percobaan dengan "sinar katoda". Sinar katoda terdiri dari arus elektron. Arus dihasilkan dengan menggunakan voltase tinggi antara elektroda yang ditempatkan pada masing-masing ujung tabung gelas yang udaranya hampir dikosongkan seluruhnya. Sinar katoda sendiri tidak langsung merambat karena dihalangi oleh udara yang tebalnya beberapa sentimeter. Pada peristiwa ini Roentgen menutup seluruh tabung sinar katoda dengan kertas hitam tebal, sehingga meskipun sinar listrik dinyalakan, tak ada cahaya yang bisa terlihat dari tabung. Tetapi,

ketika Roentgen menyalakan arus listrik di dalam tabung sinar katoda, dia melihat bahwa cahaya mulai memijar pada layar seperti distimulir oleh sinar lampu. Kemudian saat dia mematikan arus listrik cahaya berhenti memijar. Karena tabung sinar katoda sepenuhnya tertutup, Roentgen menyadari terbentuknya radiasi yang tidak kelihatan datang dari tabung ketika sinar listrik dinyalakan. Selanjutnya, dia menyebut radiasi yang tampak itu sebagai sinar "X". Adapun "X" merupakan lambang matematik biasa untuk sesuatu yang tidak diketahui. Tahun 1901, Roentgen menerima hadiah Nobel untuk bidang fisika, yang untuk pertama kalinya diberikan untuk bidang itu. Dia tutup usia di Munich, Jerman tahun 1923.

Sumber : <http://www.accessexcellence.org/AE/AEC/CC/historical background.html>.

e. Osteoporosis

Orang yang menderita kelainan ini, keadaan tulangnya akan rapuh dan keropos. Ini disebabkan karena berkurangnya kadar kalsium dalam tulang. Seiring dengan bertambahnya usia seseorang, maka kadar kalsium akan berkurang sedikit demi sedikit. Wanita lebih rentan terkena gangguan tulang ini. Coba analisislah, mengapa terjadi demikian?

Ketika seorang wanita mengalami menopause, ia akan kehilangan kalsium dengan cepat. Hal ini akan mengakibatkan tulang keropos. Untuk menghindari hal ini, maka dianjurkan untuk mengkonsumsi makanan yang banyak mengandung kalsium. Susu kalsium dosis tinggi sangat dianjurkan untuk ibu-ibu yang berumur di atas 50 tahun. Selain minum susu, sebaiknya diimbangi pula dengan olahraga yang teratur.

f. Rakhitis

Penyakit ini menyebabkan kondisi tulang seseorang yang lunak. Hal ini disebabkan dalam tubuh seseorang kekurangan vitamin D. Vitamin ini berfungsi untuk mengabsorpsi fosfor dan berperan dalam metabolisme kalsium. Penderita ini disarankan banyak mengkonsumsi telur, susu, dan minyak hati ikan. Selain itu, pada pagi hari, penderita disarankan berjemur di bawah sinar matahari karena sinar matahari pagi dapat membantu pembentukan vitamin D dalam tubuh.

g. Mikrosefalus

Penderita kelainan ini akan mengalami keadaan di mana pertumbuhan tulang-tulang tengkorak terlambat, sehingga bentuk kepala kecil. Kelainan ini merupakan bawaan dari lahir. Ini disebabkan karena ketika sedang hamil, seorang ibu kurang mendapat vitamin A dan zat kapur/kalsium. Oleh sebab itu, ibu hamil dianjurkan banyak mengkonsumsi vitamin A yang banyak

terdapat pada sayuran yang berwarna merah dan kuning, kuning telur, mentega, minyak ikan, hati, dan susu. Sedangkan zat kapur (kalsium) dapat diperoleh dari sayuran kubis, brokoli, biji-bijian, susu, kerang, ikan dan keju.

2. Cara Menjaga Kesehatan Tulang

Setelah mengetahui beberapa gangguan atau kelainan yang terjadi pada tulang, maka Anda harus dapat mengantisipasi agar tidak mengalami gangguan-gangguan tersebut.

Beberapa cara yang dapat kita lakukan untuk menjaga kesehatan tulang kita adalah sebagai berikut.

- a. Makan makanan yang cukup mengandung kalsium.
- b. Olahraga yang teratur.
- c. Berjemur pada sinar matahari pagi karena sinarnya sangat baik untuk membantu pembentukan vitamin D yang sangat penting sekali untuk membantu penyerapan kalsium dalam makanan.

Selain cara-cara itu, kita juga harus banyak mengonsumsi makanan yang mengandung vitamin D. Tentunya Anda masih ingat bukan, makanan-makanan yang merupakan sumber vitamin D?

G OTOT

Pada awal pembahasan materi ini telah dijelaskan, bahwa otot merupakan alat gerak aktif. Mengapa disebut demikian? Hal ini dapat dijelaskan dengan melihat aktivitas otot yang sering berkontraksi dan berelaksasi sehingga mengakibatkan pergerakan tubuh. Sebagai alat gerak aktif, otot mempunyai tiga karakteristik, yaitu sebagai berikut.

1. *Kontraktibilitas*, dengan kemampuan ini otot bisa memendek dari ukuran semula.
2. *Ekstensibilitas*, yaitu kemampuan otot untuk berelaksasi atau memanjang.
3. *Elastisitas*, dengan sifat elastisitas ini otot memiliki kemampuan untuk kembali lagi pada posisi semula setelah berkontraksi atau berelaksasi.

Tahukah Anda di mana letak otot kita? Daging itulah sebenarnya yang disebut otot. Jika Anda makan daging sapi, maka akan Anda temukan bagian-bagian yang berserat-serat memanjang, seperti untaian benang, tersusun rapat, dan saling berhubungan. Demikianlah susunan otot tubuh manusia.

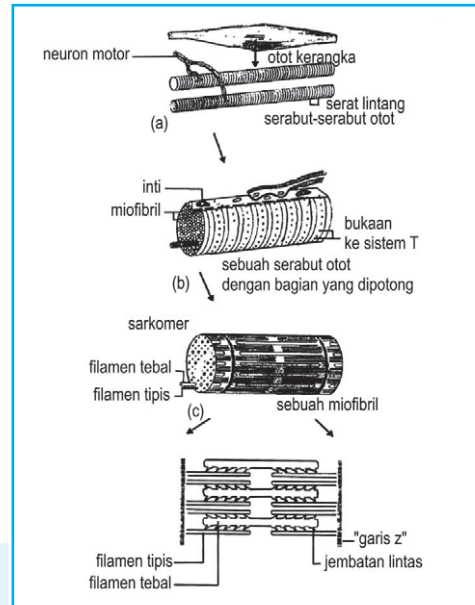
Untuk dapat memahami struktur otot, Anda dapat mengamati irisan melintang dan memanjang atau membujur daging sapi. Jika kurang jelas, pakailah alat pembesar (lup). Cobalah amati dan gambarkan bagian-bagiannya!

Struktur otot dapat dilihat pada Gambar 3.21!

Perlu Diketahui

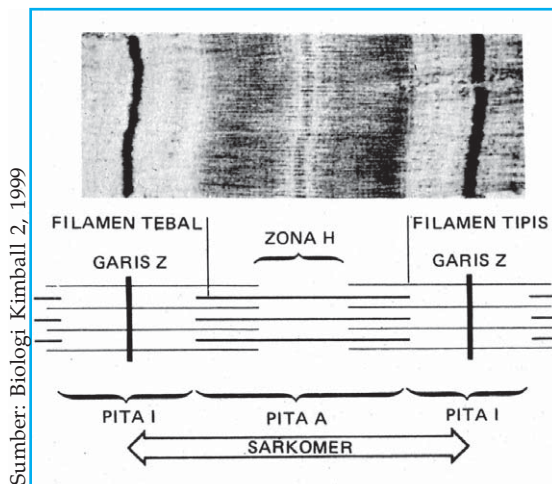
Otot manusia berjumlah lebih kurang 600 jenis dan merupakan setengah dari berat badan.

Gambar 3.21 Struktur otot



Sumber: Biologi Kimball 2, 1999

Dari hasil pengamatan Anda melalui irisan satu serabut otot yang dibesarkan terlihat bahwa serabut otot dipadati dengan miofibril. Miofibril dikelilingi sitoplasma yang mengandung banyak inti, mitokondria, dan retikulum endoplasma. Membran sel otot disebut *sarkolema*, sedangkan sitoplasma sel otot disebut *sarkoplasma*.



Gambar 3.22 Anatomi sarkomer

Nukleus dan mitokondria terdapat tepat di bawah membran sel. Retikulum endoplasma meluas di antara miofibril-miofibril. Dari pengamatan yang telah Anda lakukan di depan, pada miofibril terdapat bagian-bagian yang terang, jernih, daerah tersebut disebut *Isotrop (I)*, kemudian ada juga daerah gelap yang disebut *Anisotrop (A)*. Ada daerah terang yang membagi daerah A yang disebut zone H, sedangkan pada daerah I juga terdapat sebuah garis gelap yang membagi daerah I yang

disebut zone Z. Terdapat pula bagian yang terdapat di antara dua garis Z yang disebut *sarkomer*. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.22!

Apabila kita ambil sedikit serabut otot dan merendamnya dalam larutan gliserol atau garam cair, maka sejumlah protein keluar dari serabut tadi, di antaranya terdapat protein mioglobin pengikat oksigen dan banyak enzim. Protein lain yang menyusun otot adalah *miosin* dan *aktin*. Protein gabungan aktin dan miosin disebut *aktomiosin*. Protein-protein tersebut sangat berperan dalam mekanisme kontraksi. Aktin membentuk filamen-filamen yang lebih tebal dalam kedudukan sejajar memanjang dalam satu lingkaran, sedangkan miosin membentuk filamen yang lebih tipis dan berkedudukan di dalam ruang melingkar yang dibentuk oleh filamen aktin.

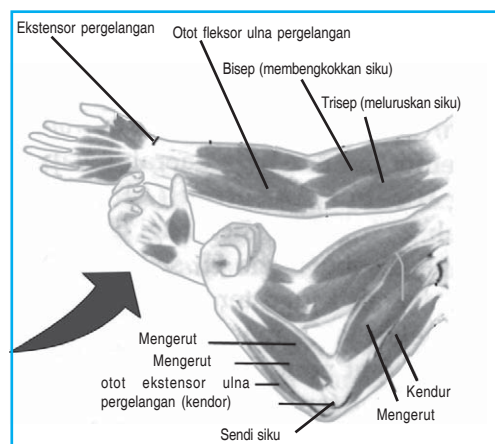
Pada dasarnya otot di dalam tubuh manusia memegang peranan penting dalam mengaktifkan gerakan organ tubuh, baik organ dalam seperti alat pencernaan, jantung, paru-paru, sampai pada anggota tubuh seperti tangan, kaki semuanya dapat melakukan aktivitas gerak karena otot. Dua otot yang menggerakkan tulang ke arah yang berlawanan disebut *otot antagonis*. Gerakan antagonis ini dapat dibedakan berdasarkan arah gerakannya.

Tabel 3.1 Jenis dan Arah Gerakan Tubuh

No	Jenis Gerakan	Arah Gerakan
1.	Abduksi	Menjauhi badan
2.	Adduksi	Mendekati badan
3.	Ekstensi	Meluruskan
4.	Fleksi	Menekuk
5.	Supinasi	Menengadahkan tangan
6.	Pronasi	Menelungkupkan tangan
7.	Depresi	Menurunkan
8.	Elevasi	Mengangkat

Untuk memahami pengertian dan cara kerja otot antagonis tersebut, Anda dapat melakukan kegiatan percobaan dengan menggerakkan anggota tubuh yaitu tangan/lengan untuk melakukan gerakan-gerakan seperti di atas.

Otot lengan terdiri atas otot *bisep* dan *trisep*. Otot bisep berada di bagian depan lengan dan otot trisep berada di bagian belakangnya. Otot trisep bercabang tiga.



Gambar 3.23 Tendon

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

Apabila kita menggerakkan tangan dengan gerakan meluruskan lengan, maka otot yang bekerja antara lain otot bisep akan berelaksasi, sedangkan otot trisep akan berkontraksi. Apabila kita menggerakkan lengan menekuk maka otot bisep akan berkontraksi, sedangkan otot trisep akan berelaksasi. Agar lebih jelas, coba Anda perhatikan Gambar 3.23!

Coba Anda lakukan dua gerakan tersebut, sambil mengamati dengan meraba permukaan otot. Bagaimanakah kondisi otot bisep dan trisep saat Anda gerakan?

Selain gerakan berlawanan, otot juga dapat bekerja saling mendukung dan searah membentuk kerja sama searah yang disebut *sinergis*, misalnya pada otot-otot punggung dan leher.

TUGAS INDIVIDU •

1. Lakukan pengamatan pada tubuh Anda!
2. Otot-otot mana saja yang bekerja antagonis (berlawanan)?
3. Tunjukkan letak otot trisep dan bisep dan bagaimanakah cara kerja kedua otot tersebut? Tuliskan hasilnya pada buku tulis Anda!

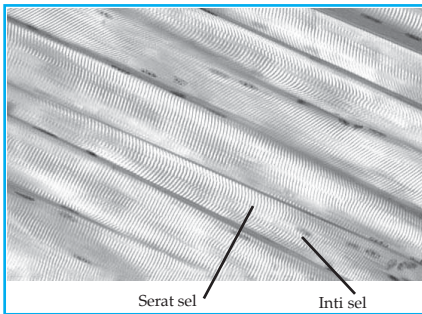
Bermacam-macam gerakan yang terjadi pada tubuh kita disebabkan karena otot yang melekat pada berbagai organ tubuh. Menurut perlekatannya, otot dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut.

1. *Origo*, merupakan ujung otot yang melekat pada tulang yang sedikit bergerak selama berkontraksi.
2. *Inseri*, merupakan bagian ujung otot yang lain melekat pada tulang dan mengalami perubahan kedudukan selama otot berkontraksi.

H JENIS-JENIS OTOT DAN KARAKTERISTIKNYA

Pernahkah Anda berpikir, bagaimana jantung kita selalu berdenyut, berirama dengan teratur, dan tak pernah berhenti selama kita masih hidup? Bagaimana pula alat-alat pencernaan selalu berkontraksi untuk mencerna makanan? Siapa yang menggerakkan organ-organ tersebut?

Tubuh kita mempunyai tiga macam jenis otot. Otot-otot itulah yang berpengaruh terhadap gerakan organ-organ tubuh. Tiga jenis otot tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 3.24 Otot lurik

1. Otot Kerangka/Otot Lurik

Otot kerangka adalah otot yang melekat pada kerangka. Bagian tubuh kita yang berdaging merupakan otot kerangka. Otot ini disebut juga otot lurik, karena jika dilihat dari samping, serabut otot ini memperlihatkan suatu pola serat melintang atau bergaris. Irisan melintang otot ini memperlihatkan beribu-ribu serabut otot. Serabut-serabut itu tersusun dalam berkas-berkas yang sejajar, dan terikat sesamanya oleh jaringan

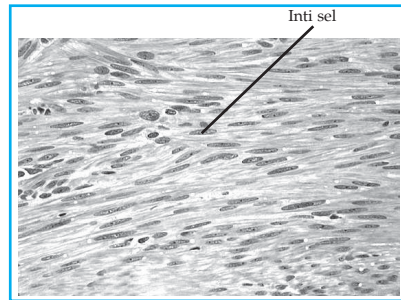
penyambung yang dilalui oleh pembuluh darah dan saraf. Ukuran diameter otot ini 50 mikron dengan panjang 2,5 cm.

Contoh otot kerangka adalah otot bisep dan trisep, yang terletak pada lengan atas. Otot ini berbentuk silindris panjang, mempunyai inti banyak yang terletak di tepi. Cara kerja otot ini dan kontraksinya menurut kehendak kita dan di bawah kesadaran kita. Gerakan otot kerangka cepat dan kuat, tetapi mudah lelah. Otot kerangka dapat berkontraksi bila diberikan rangsangan karena diinervasi oleh saraf sadar atau motoris. Rangsangan tersebut bisa berupa panas, kimia, mekanis, dan listrik. Sumber energi untuk kontraksi otot adalah ATP. Untuk lebih memahami struktur otot kerangka ini, perhatikan Gambar 3.24!

2. Otot Polos

Setiap serabut otot polos adalah sel tunggal, berbentuk gelendong dengan satu inti yang terletak di tengah. Sel-sel itu tersusun dalam lembaran. Jika kita lihat di bawah mikroskop cahaya, otot polos tidak memperlihatkan pola lurik melintang. Permukaannya polos. Sel-selnya mengandung filamen tipis maupun tebal aktin dan miosin, dan filamen tersebut tersusun menjadi fibril kontraktile. Otot polos ini dapat berkontraksi secara spontan, terutama dikendalikan oleh neuron motor dari sistem saraf simpatik dan parasimpatik.

Kerja otot polos jauh lebih lambat daripada otot kerangka. Otot polos memerlukan waktu 3-180 detik untuk berkontraksi. Perbedaan lain dari otot kerangka adalah kemampuannya untuk tetap berkontraksi pada berbagai

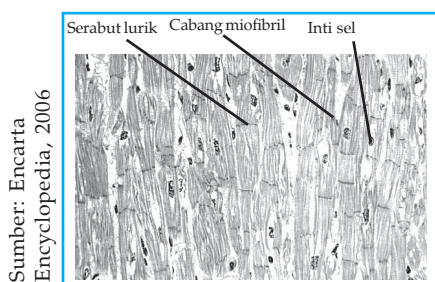


Gambar 3.25 Otot polos

panjang. Otot ini bekerja terus-menerus dan tidak dipengaruhi oleh kesadaran dan tidak mudah lelah. Otot polos terdapat pada organ dalam selain jantung, misalnya lambung, usus, ginjal. Untuk lebih memahami struktur otot polos ini perhatikan Gambar 3.25!

3. Otot Jantung

Otot jantung hanya terdapat pada organ jantung saja. Otot jantung terdiri atas serabut lurik. Miofibril otot jantung bercabang-cabang dan mitokondrianya lebih banyak daripada yang terdapat pada serabut otot kerangka. Bentuk otot jantung seperti gelendong dengan inti berjumlah banyak dan terletak di tepi.



Gambar 3.26 Otot jantung

Cara kerja otot jantung adalah secara terus-menerus dengan ritme atau irama yang tetap, dan tidak dipengaruhi oleh kesadaran, serta tidak mudah lelah. Coba bayangkan jika kerja otot jantung ini terhenti, hanya dalam waktu 1 menit saja, apa yang akan terjadi? Untuk lebih memahami struktur otot jantung, coba perhatikan Gambar 3.26!

Struktur atau anatomi otot kerangka, otot polos, dan otot jantung tidak bisa diamati secara langsung tanpa menggunakan bantuan mikroskop cahaya. Untuk memperjelas dan lebih memahami struktur otot-otot tersebut, Anda dapat melakukan pengamatan di laboratorium dengan menggunakan preparat awetan otot-otot itu. Oleh sebab itu, cobalah lakukan Kegiatan Kelompok 3 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 3

- | | | |
|-----------------------|---|---|
| Tujuan | : | Memahami struktur anatomi otot beserta bagian-bagiannya. |
| Alat dan Bahan | : | 1. Mikroskop
2. Preparat awetan otot kerangka, polos, dan jantung |
| Cara Kerja : | | |
| | | 1. Ambilah preparat awetan yang berada di laboratorium Anda, kemudian amatilah di bawah mikroskop! |
| | | 2. Gambarlah dan sebutkan bagian-bagiannya! Berilah keterangan masing-masing secara lengkap! Carilah bagian-bagian yang disebut |

zona A, I, H dan Z. Carilah literatur yang mendukung. Bandingkan dengan gambar yang sudah ada di atas!

3. Buatlah tabel perbedaan struktur dan karakteristik dari otot kerangka, polos, dan lurik!
4. Konsultasikan hasil yang Anda peroleh pada guru pengampu!

I MEKANISME KERJA OTOT

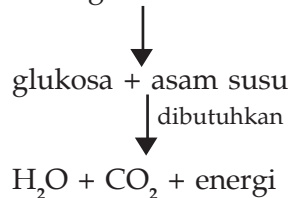
Pernahkah Anda melihat seorang atlet binaragawan? Bentuk badan seorang atlet binaragawan berbeda dengan orang biasa. Ia memiliki otot pada lengan, dada, perut, dan paha yang begitu besar dan keras. Ia memiliki bentuk otot seperti itu karena sering melakukan latihan fisik pada bagian otot, misalnya angkat beban, skipping, dan sebagainya.

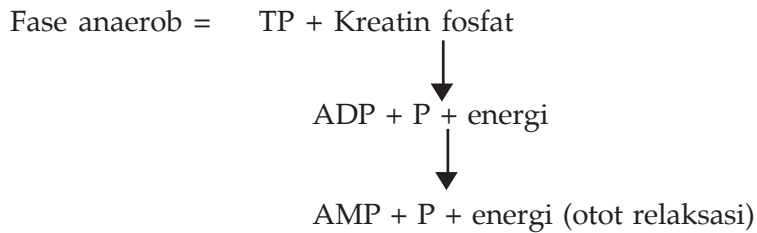
Jika seseorang sering mengadakan latihan otot, misalnya senam, lari, atau olahraga lainnya, maka ototnya akan sering berkontraksi, akibatnya otot menjadi besar dan keras. Sebaliknya, jika otot jarang digunakan untuk melakukan latihan fisik, maka otot akan kendur dan mengecil. Otot seperti ini disebut *atrofi*.

Otot bekerja dengan cara berkontraksi dan relaksasi. Energi untuk berkontraksi diperoleh dari ATP dan kreatin fosfat, tetapi serabut otot hanya mengandung cukup ATP untuk menggerakkan beberapa kekejangan. Sumber tenaga apakah yang dapat menjadi andalan agar ATP terus tersedia? Sumber yang paling baik ialah respirasi molekul-molekul nutrien seluler yang dibawa oleh darah ke serabut.

Pada saat berkontraksi, ATP dan kreatin fosfat akan terurai. ATP akan terurai menjadi ADP (*Adenosin difosfat*) dan energi, ADP akan terurai menjadi AMP (*Adenosin Monofosfat*) dan energi. Kreatin fosfat akan terurai menjadi kreatin dan fosfat. Fosfat yang dihasilkan kemudian akan bergabung dengan ADP menjadi ATP dan akan mengalami peruraian seperti tersebut tadi.

Fase aerob = glikogen mengalami laktasindogen





Rangsangan yang datang dari luar akan ditangkap pertama kali oleh sel-sel saraf. Dari sel-sel saraf, rangsangan ini akan diteruskan ke sel-sel otot. Di dalam otot akan diteruskan pada suatu neurohormon yang sangat peka terhadap rangsang yang disebut *asetilkolin*, sehingga asetilkolin ini akan terangsang. Akibat dari rangsangan ini, asetilkolin akan terurai, akibatnya akan terbentuk miogen. Selanjutnya, miogen ini akan merangsang pembentukan aktomiosin. Rangsangan miogen terhadap aktomiosin akan menyebabkan terjadinya kontraksi miofibril.

Agar dapat lebih memahami tentang kerja kontraksi otot, coba lakukan Kegiatan Kelompok 4 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 4

Tujuan : Memahami tentang kerja kontraksi otot pada katak

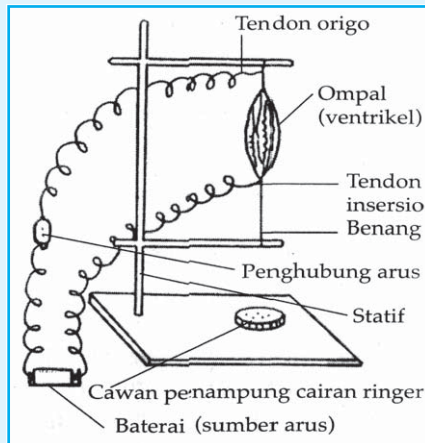
Alat dan Bahan :

1. Otot betis katak	5. Pipet tetes
2. Larutan ringer	6. Stopwatch
3. Statif 2 klem	7. Benang
4. Cawan petri	8. Jarum pentul

Cara Kerja :

1. Tusukkan bagian pangkal bawah caput bagian dorsal kotak dengan jarum pentul sehingga otaknya rusak, dan kehilangan kesadaran.
2. Ambillah otot betis pada bagian tendon dan origo, kemudian masukkan pada larutan ringer.
3. Susunlah rangkaian sebagai tempat percobaan. Ambillah otot betis katak yang sudah dimasukkan dalam larutan ringer pada perlakuan di atas, kemudian bentangkan dengan menggunakan benang di kedua ujungnya. Setelah itu, pasang/ikatkan masing-masing ujungnya pada kedua klem statif. Setelah itu, kedua ujung otot betis tersebut masing-masing dihubungkan dengan kabel yang dialiri arus. Gunakan baterai sebagai sumber arusnya. Perlakuan pemberian arus dengan interval masing-masing:

a. 1 menit 3 kali	c. 5 detik 3 kali
b. 15 detik 3 kali	



Gambar Rangkaian percobaan kontraksi otot

4. Dari perlakuan interval di atas, perhatikanlah pada interval mana otot betis ada reaksi dan pada interval mana tidak ada reaksi. Buatlah dalam sebuah tabel data yang sudah Anda dapatkan agar lebih jelas.
5. Dari percobaan pada kegiatan ini Anda dapat menyimpulkan akibat yang terjadi apabila otot diberi rangsangan, kemudian tidak diberi rangsangan dan keadaan yang terjadi bila otot diberi rangsangan secara terus-menerus.
6. Diskusikan dengan anggota kelompok Anda dan presentasikan hasilnya di depan kelas!
7. Konsultasikan hasilnya pada guru pengampu pelajaran Biologi!

J KELAINAN PADA OTOT

Otot pun dapat mengalami kelainan. Beberapa kelainan yang terjadi pada otot adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Kelainan Otot

No.	Jenis Kelainan Otot	Keterangan
1.	Tetanus	Kondisi otot yang mengalami kejang terus menerus. Penyebab penyakit ini karena infeksi bakteri <i>Clostridium tetani</i> . Ketika terjadi luka, bakteri ini bisa masuk melewati luka yang terbuka tersebut.

No.	Jenis Kelainan Otot	Keterangan
2.	Kram	Otot berada dalam keadaan kejang. Keadaan ini antara lain disebabkan karena terlalu lamanya aktivitas otot secara terus menerus.
3.	Hipertropi otot	Suatu keadaan otot yang lebih besar dan lebih kuat. Hal ini disebabkan karena otot sering dilatih bekerja dan berolahraga. Hipertrofi otot ini sering dimiliki oleh atlet binaragawan. Coba perhatikan otot yang dimiliki atlet binaragawan!
4.	Atrofi otot	Keadaan otot yang lebih kecil dan lemah kontraksinya. Kelainan ini disebabkan karena infeksi virus polio. Pemulihannya dengan pemberian latihan otot, pemberian stimulant listrik, atau dipijat dengan teknik tertentu.
5.	Stiff (kaku leher)	Keadaan meradangnyanya otot trapesius. Hal ini disebabkan karena gerak hentakan secara tiba-tiba sehingga otot menjadi tertarik secara tiba-tiba. Selain itu, stress yang berat akan membuat kejang otot leher dan punggung. Rasa sakit itu akan hilang jika stress sudah hilang.
6.	Hernia abdominal	Kondisi usus melorot ke bawah, disebabkan oleh sobeknya dinding otot perut.
7.	Fibrosis	Pembentukan jaringan ikat fibrosa. Sel-sel otot skelet ataupun alat jantung yang mati karena suatu sebab akan diganti oleh jaringan ikat karena sel-sel otot ini tidak mampu beregenerasi, sehingga otot-otot ini akan melemah.
9.	Distrofi otot	Distrofi otot merupakan penyakit kronis pada otot sejak anak-anak, diperkirakan merupakan penyakit genetis (bawaan).

Uraian tersebut merupakan kelainan yang terjadi pada otot. Dengan penjelasan tersebut, kita dapat memberikan usaha preventif untuk menjaga kesehatan otot dan mengantisipasi jika terjadi kelainan pada otot. Usaha-usaha tersebut antara lain:

1. latihan otot dapat membuat otot menjadi kuat, sehingga dapat terhindar dari atrofi otot;
2. melakukan olahraga secara teratur;
3. aktivitas yang banyak menyebabkan otot lelah sehingga dapat mengakibatkan kram otot, untuk itu kita dapat mengatur aktivitas supaya tidak terjadi gangguan otot;
4. hindarilah stres berat dengan pola hidup yang benar.



Perlu Diketahui

Pada kasus sakit tulang punggung, sekitar 90-95% disebabkan karena penatnya otot-otot tulang punggung atau tersentakanya otot tersebut dengan tiba-tiba.

RANGKUMAN

1. Sistem gerak pada manusia meliputi rangka (*skeleton*) dan otot.
2. Rangka dibedakan menjadi *skeleton aksial* dan *skeleton apendikuler*.
3. Skeleton aksial terdiri atas tulang-tulang tengkorak, ruas tulang belakang, tulang iga atau rusuk, dan tulang dada, sedangkan skeleton apendikuler terdiri atas tulang pinggul, bahu, lengan, telapak tangan, tungkai dan telapak kaki.
4. Berdasarkan jenisnya, tulang dibedakan menjadi 2, yaitu tulang rawan dan tulang sejati.
5. Tulang sejati, dilihat dari matriksnya terdiri atas tulang kompak dan tulang spons.
6. Berdasarkan bentuknya, tulang dibedakan menjadi 3, yaitu tulang pipa, tulang pipih, dan tulang pendek.
7. Hubungan antartulang disebut persendian atau *artikulasi*.
8. Sendi yang menyusun tubuh dibedakan menjadi 3, yaitu *amfiartrosis*, *sinartrosis*, dan *diartrosis*. *Amfiartrosis* merupakan sendi yang gerakannya amat terbatas, *sinartrosis* merupakan sendi yang tidak memungkinkan ada gerakan, sedangkan *diartrosis* merupakan sendi yang memungkinkan banyak gerakan.

9. Diartrosis terdiri atas sendi peluru, pelana, engsel, putar, dan sendi luncur.
10. Otot merupakan alat gerak pasif dan memiliki karakteristik, antara lain kontraktibilitas, ekstensibilitas, dan elastisitas.
11. Gerakan antagonis otot meliputi *abduksi, adduksi, ekstensi, fleksi, supinasi, pronasi, depresi, dan elevasi*.
12. Berdasarkan perlekatanannya, otot terdiri atas *origo* dan *insersi*.
13. Jenis-jenis otot antara lain yaitu otot lurik, otot polos, dan otot jantung.

LATIHAN

I. Pilihlah jawaban yang benar!

1. Perhatikan beberapa hewan berikut!
(1) Cacing (4) Siput (7) Bintang laut
(2) Ubur-ubur (5) Ular (8) Cecak
(3) Ikan tengiri (6) Kerang
Kelompok hewan eksoskeleton adalah nomor
a. 1, 2, 3, 4, 5 d. 2, 4, 5, 6, 7
b. 1, 2, 4, 5, 6 e. 4, 5, 6, 7, 8
c. 1, 2, 4, 6, 7
2. Pernyataan yang benar tentang perbedaan antara tulang rawan pada anak-anak dan tulang rawan pada orang dewasa adalah
a. pada anak-anak berasal dari perikondrium, pada orang dewasa dari kondroblas
b. pada anak-anak berasal dari sumsum tulang belakang pada orang dewasa dari kondroblas
c. pada anak-anak berasal dari mesenkim, pada orang dewasa dari sumsum tulang
d. pada anak-anak berasal dari limfa, pada orang dewasa dari sumsum tulang
e. pada anak-anak berasal dari mesenkim, pada orang dewasa dari perikondrium

3. Tulang-tulang tengkorak manusia terdiri atas tulang-tulang berikut, *kecuali*
 - a. tulang belikat
 - b. tulang dahi
 - c. tulang rahang
 - d. tulang pipi
 - e. tulang pelipis
4. Gangguan pada tulang karena sobeknya selaput sendi yang diikuti lepasnya ujung tulang dari sendi disebut
 - a. lordosis
 - b. fraktura
 - c. fisma
 - d. urat sendi
 - e. memar
5. Berikut ini gangguan pada sistem gerak:
 - (1) terjadinya di daerah leher
 - (2) posisi kepala ke arah kiri atau kanan
 - (3) gerakan tiba-tiba melebihi batas
 Gangguan pada alat gerak dengan tanda-tanda tersebut disebut
 - a. stiff
 - b. osteoporosis
 - c. kifosis
 - d. skoliosis
 - e. lordosis
6. Persendian yang memungkinkan gerakan bebas ke segala arah dan berporos tiga, ujung tulang berbentuk mangkok, dan ujung tulang lain berbentuk bonggol terdapat pada sendi
 - a. atlas
 - b. putar
 - c. pelana
 - d. peluru
 - e. luncur
7. Otot disebut alat gerak aktif sebab
 - a. sebagai tempat pembentukan sel-sel darah dan penimbunan mineral
 - b. melekat pada otot-otot rangka
 - c. saling berhubungan membentuk sendi
 - d. mempunyai kemampuan berkontraksi
 - e. merupakan penopang dan penunjang bentuk tubuh
8. Otot yang digunakan untuk bekerja keras kemudian terasa lelah disebabkan oleh
 - a. lambannya otot untuk menjadi elastis setelah berkontraksi
 - b. ATP habis diurai menjadi ADP
 - c. terjadinya pembentukan ATP dari penguraian glikogen
 - d. tertimbunnya asam laktat dalam jaringan
 - e. berkurangnya kadar gula darah

9. Tulang-tulang berikut yang merupakan pembentuk rangka aksial adalah
 - a. tulang belakang, tulang lengan, tulang dada, dan tulang panggul
 - b. tulang tengkorak, tulang belakang, tulang dada, dan tulang rusuk
 - c. tulang belakang, tulang lengan, tulang rusuk, dan tulang pinggul
 - d. tulang tengkorak, tulang lengan, tulang belakang, dan tulang rusuk
 - e. tulang tengkorak, tulang lengan, tulang dada, dan tulang rusuk
10. Kemampuan otot untuk memendek sehingga terjadi penarikan tulang yang berlekatan disebut
 - a. konduktivitas
 - b. elastisitas
 - c. kontraktibilitas
 - d. iritabilitas
 - e. ekstensibilitas
11. Otot-otot yang cara kerjanya antagonis adalah
 - a. abduktor dan depresor
 - b. depresor dan fleksor
 - c. ekstensor dan abduktor
 - d. abduktor dan elevator
 - e. ekstensor dan abduktor
12. Pada waktu otot berkontraksi terjadi peristiwa kimia yang membebaskan energi dengan persamaan reaksi kimia
 - a. glukosa + fosfat \rightarrow CO₂ + H₂O + energi
 - b. glukosa + O₂ \rightarrow CO₂ + H₂O + energi
 - c. ATP + O₂ \rightarrow ADP + fosfat + energi
 - d. ATP \rightarrow ADP + energi
 - e. ADP + asam fosfat \rightarrow ATP + energi
13. Kram atau kejang otot dapat terjadi karena
 - a. persendian tidak dapat digerakkan
 - b. otot lemah, sendi membengkak
 - c. kegagalan metabolisme asam lemak
 - d. kekurangan vitamin D
 - e. otot keras, kaya asam laktat
14. Terjadinya kontraksi otot memerlukan rangsangan dari luar atau dalam, rangsang tersebut diterima oleh
 - a. aktomiosin
 - b. miofibril
 - c. asetilkolin
 - d. sarkomer
 - e. sarkolema

15. Jenis kelainan pada tulang belakang antara lain
- lordosis
 - arthritis eksudatif
 - arthritis sika
 - hernia abdominal
 - miastenia grafis

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

- Organ apakah yang termasuk dalam sistem gerak manusia?
 - Apakah fungsi masing-masing organ tersebut?
- Berdasarkan bentuk dan bahan matriksnya, tulang dibedakan menjadi berapa macam? Sebut dan jelaskan masing-masing!
- Apakah perbedaan struktur antara tulang keras dan tulang rawan?
- Apakah yang dimaksud dengan persendian? Ada berapa macam sendi? Sebut dan jelaskan arah gerakannya!
- Gambarlah struktur otot yang menyusun tubuh manusia! Berikanlah keterangan bagian-bagiannya serta sebutkan fungsinya!

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Setiap hari Anda melakukan aktivitas bergerak, baik gerak berat maupun ringan. Ada suatu fenomena, apabila seseorang tidak terbiasa melakukan kegiatan berat, misalnya berlari maka otot orang tersebut akan menjadi kaku dan sakit. Menurut Anda, benarkah fenomena itu? Jelaskan disertai alasan yang tepat!
- Sehabis berlari-lari, maka napas kita menjadi tersengal-sengal. Apa yang menyebabkan hal tersebut? Dipengaruhi oleh apakah peristiwa tersebut? Jelaskan jawaban Anda!
- Jika seseorang mengalami patah tulang, menurut Anda apakah tulang tersebut dapat disatukan kembali? Jelaskan jawaban Anda disertai alasan sesuai teori yang telah Anda pelajari!
- Seseorang bisa mempunyai kelainan kaki bentuk X atau O. Apakah yang menyebabkan seseorang memiliki bentuk seperti kaki seperti itu?
- Perhatikan seorang atlet binaragawan. Ia memiliki otot-otot yang sangat kuat, keras, dan besar. Menurut Anda, dapatkah setiap orang memiliki bentuk otot seperti itu? Jika ya, usaha-usaha apakah yang harus dilakukan? Jelaskan jawaban Anda disertai alasan yang tepat!

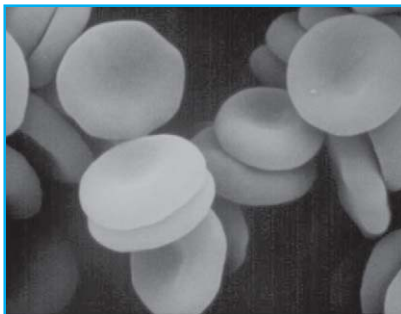
BAB 4

SISTEM PEREDARAN DARAH

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari tentang struktur dan fungsi organ peredaran darah pada makhluk hidup serta kelainan yang dapat terjadi organ itu. Dengan mempelajari materi dalam bab ini diharapkan Anda dapat mengerti dan memahami keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan yang dapat terjadi pada sistem peredaran darah sehingga dapat mencegahnya dan mengimplikasinya pada salingtemas.

Sumber: Encarta Encyclopedia, 2006



Gambar 4.1 Sel darah merah

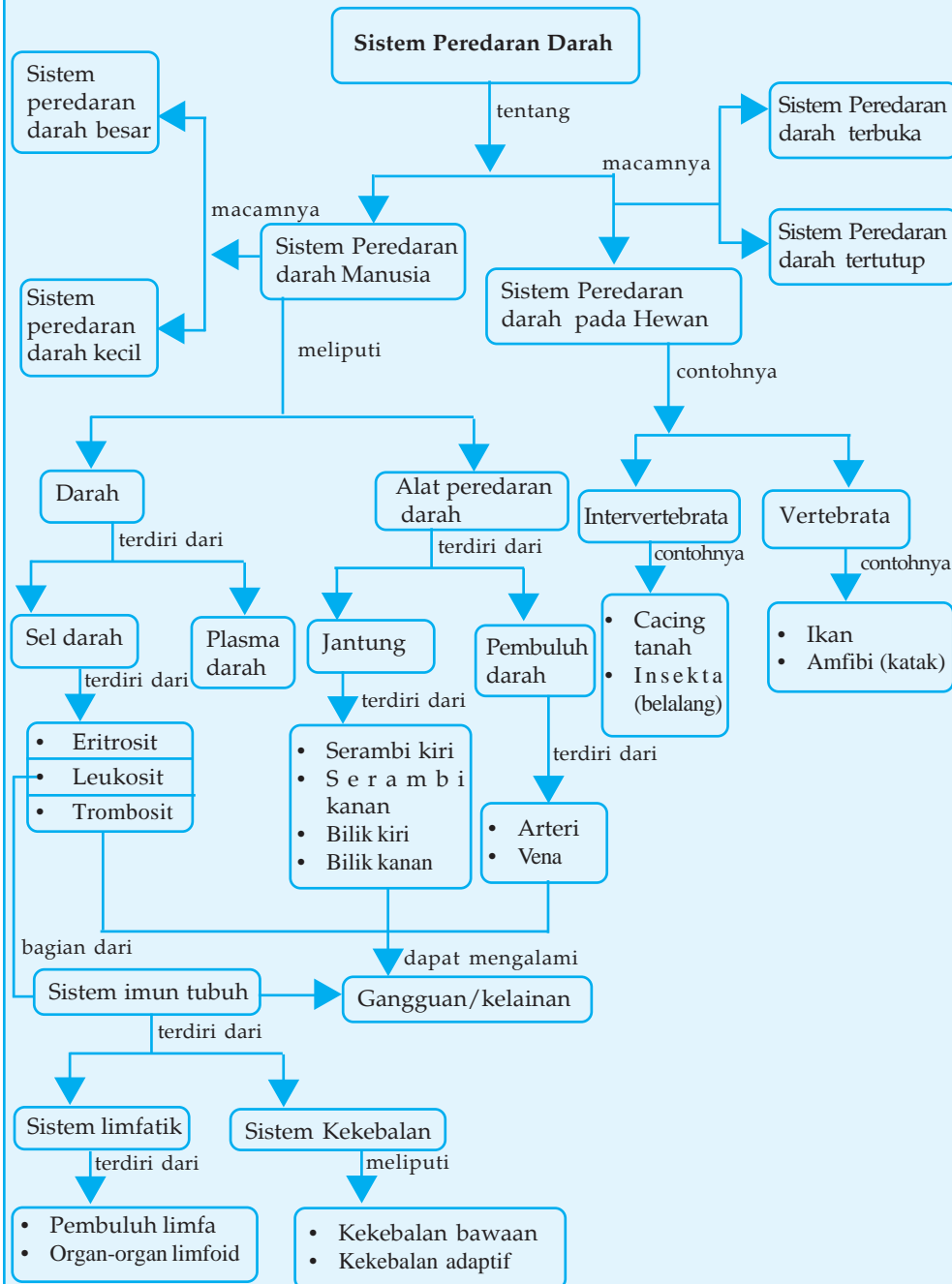
Sekarang ini sistem transportasi umum di Indonesia sudah maju dan lancar. Dengan transportasi yang lancar tersebut, maka kita dapat pergi ke tempat-tempat tujuan, sehingga memudahkan kita dalam memenuhi kebutuhan.

Sistem transportasi pada makhluk hidup juga sama seperti sistem transportasi umum tersebut di atas. Melalui sistem transportasi ini, makhluk hidup menyalurkan kebutuhannya di dalam tubuh. Sistem transportasi pada makhluk hidup yang dimaksud di sini adalah darah.

Kata Kunci

- | | |
|-------------------|--------------|
| • sel darah | • arteri |
| • eritrosit | • vena |
| • leukosit | • limfe |
| • trombosit | • aorta |
| • plasma darah | • hemoglobin |
| • golongan darah | • eritoblast |
| • pembuluh darah | • antibodi |
| • peredaran darah | • antigen |
| | • nadi |
| | • vena |

PETA KONSEP



Darah adalah komponen yang sangat penting bagi makhluk hidup, karena mempunyai peran yang sangat banyak, terutama dalam pengangkutan zat-zat yang penting bagi proses metabolisme tubuh. Jika darah mengalami gangguan, maka segala proses metabolisme tubuh akan terganggu pula.

Dalam kehidupan sehari-hari, bila kita menyebut darah, hal itu diidentikkan dengan darah yang berwarna merah. Padahal warna merah pada darah itu tidak selalu tetap, artinya warna itu bisa berubah-ubah. Terkadang darah cenderung berwarna merah tua, namun terkadang berwarna merah muda. Apakah yang menyebabkan warna darah menjadi demikian? Untuk menjawab pertanyaan itu, coba perhatikan seekor ayam yang sedang disembelih. Darah yang keluar dari ayam yang sedang disembelih berwarna merah muda dan cair, tetapi setelah dibiarkan beberapa saat, darah itu akan berwarna merah tua, dan selanjutnya setelah beberapa lama darah itu akan membeku dan berwarna merah kehitam-hitaman. Jadi, apa yang menyebabkan darah dapat berwarna merah tua? Bila kadar oksigen dalam darah tinggi, maka darah akan berwarna merah muda, sedangkan bila kadar CO_2 nya yang tinggi maka darah akan berwarna merah tua.

Anda tentu pernah terluka, misalnya tersayat pada bagian permukaan kulit. Ketika tersayat, dari permukaan kulit Anda akan keluar cairan berwarna merah yang disebut darah. Jadi apakah darah itu? Apakah yang diangkut lewat darah? Untuk mengetahuinya, pelajailah materi berikut ini dengan baik!

A DARAH MANUSIA

Pada manusia, darah merupakan cairan tubuh yang meliputi 8% dari berat tubuh seseorang, kira-kira mempunyai volume 4-5 liter. Mengapa darah memiliki peran penting bagi tubuh manusia?

Dalam tubuh manusia, darah berperan sebagai berikut.

1. Sebagai alat pengangkut zat-zat makanan, air, dan oksigen ke seluruh jaringan tubuh. Darah membawa zat-zat yang diperlukan tubuh, misalnya vitamin, gula, lemak, dan air untuk diberikan kepada sel dalam jumlah yang tepat. Pada saat berolahraga, kebutuhan sel akan meningkat, sehingga dapat meningkatkan pula kegiatan sistem peredaran darah. Sebaliknya, pada saat tidur, maka kegiatan sistem peredaran darah juga ikut menurun.

2. Sel darah merah membawa karbon dioksida dan zat-zat sisa metabolisme menuju alat-alat ekskresi.
3. Mengangkut hormon dari kelenjar endokrin ke bagian tubuh tertentu.
4. Mempertahankan keseimbangan suhu tubuh, dengan cara mengangkut energi panas dari tempat aktif ke tempat yang tidak aktif.
5. Sel darah putih sebagai alat pertahanan tubuh dari infeksi kuman penyakit.
6. Mengatur keseimbangan asam dan basa darah untuk menghindari kerusakan jaringan karena adanya senyawa penyangga (bakteri) berupa hemoglobin, oksihemoglobin, bikarbonat, fosfat, dan protein plasma.
7. Mengedarkan enzim-enzim ke seluruh tubuh.
8. Mengedarkan air ke seluruh tubuh.
9. Cairan plasma membagi protein yang diperlukan untuk pembentukan jaringan, menyebarkan cairan jaringan karena melalui cairan ini semua sel tubuh menerima makanannya. Dan merupakan “kendaraan” untuk mengangkut bahan buangan ke berbagai organ pengeluaran untuk dibuang.

Begitu banyak fungsi darah sehingga darah merupakan cairan tubuh yang penting dan fungsinya tidak dapat digantikan oleh anggota tubuh yang lain.

Darah manusia dibedakan menjadi dua komponen, yaitu sel-sel darah dan cairan atau plasma darah.

1. Sel-Sel Darah

Bagian terbesar dari darah adalah sel-sel darah. Sel-sel darah dibedakan menjadi sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*), dan sel darah pembeku (*trombosit*).

a. Sel Darah Merah (Eritrosit)

1) Ciri dan Fungsi Sel Darah Merah

Sel darah merah merupakan penyusun sel-sel darah yang jumlahnya paling banyak. Pada wanita, jumlahnya $\pm 4,5$ juta/ mm^3 darah, sedangkan pada laki-laki ± 5 juta/ mm^3 darah. Akan tetapi, jumlah itu bisa naik atau turun, tergantung dari kondisi seseorang.

Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah eritrosit adalah:

a) Jenis Kelamin

Pada laki-laki normal jumlah (konsentrasi) eritrosit mencapai 5,1 – 5,8 juta per mililiter kubik darah. Pada wanita normal 4,3 – 5,2 juta per mililiter kubik darah.

- b) Usia
Orang dewasa memiliki jumlah eritrosit lebih banyak dibanding anak-anak.
- c) Tempat Ketinggian
Orang yang hidup di dataran tinggi cenderung memiliki jumlah eritrosit lebih banyak.
- d) Kondisi Tubuh Seseorang
Sakit dan luka yang mengeluarkan banyak darah dapat mengurangi jumlah eritrosit dalam darah.

Sel-sel darah merah berbentuk cakram dengan diameter 75 nm, ketebalan di tepi 2 nm dan ketebalan di tengah 1 nm. Sel darah merah dibentuk di dalam sumsum tulang. Sel-sel pembentuk sel darah merah ini disebut *eritroblast*, tetapi pada embrio (bayi), sel-sel darah merah dibentuk di dalam hati dan limpa.

Warna sel-sel darah merah disebabkan karena pigmen merah yang disebut hemoglobin (Hb). Hemoglobin adalah suatu protein yang terdiri atas *hemin* dan *globin*. Hemin mengandung zat besi (Fe). Hb ini mempunyai daya ikat tinggi terhadap O_2 . Dalam peredarannya ke seluruh tubuh, darah diikat oleh Hb yang kemudian diberi nama *oksihemoglobin*. Selain mengikat O_2 , Hb juga dapat mengikat CO_2 sisa metabolisme tubuh untuk dibuang melalui organ ekskresi. Hb yang mengangkut CO_2 ini disebut *karbominohemoglobin*.



Perlu Diketahui

- Sel-sel darah merah mempunyai usia ± 120 hari. Setiap detik ada 3 juta sel darah merah yang mati dan dibersihkan oleh hati dan limpa.
- Sumsum tulang dapat menghasilkan 4-5 kali laju kerusakan sel darah merah.

Pada kasus donor darah, kehilangan darah pada tubuh seseorang akan bisa cepat diatasi karena sumsum tulang akan menghasilkan dan mengembalikan sel darah merah menjadi normal kembali. Tetapi pada kasus pendarahan yang hebat misalnya kecelakaan, apabila hilangnya sel darah merah melebihi laju pembentukannya, akan mengakibatkan seseorang kekurangan sel darah merah, sehingga dapat mengakibatkan anemia. Selain pendarahan, anemia juga disebabkan karena gizi buruk dan infeksi kuman penyakit.

2) Pembentukan Sel Darah Merah (Eritrosit)

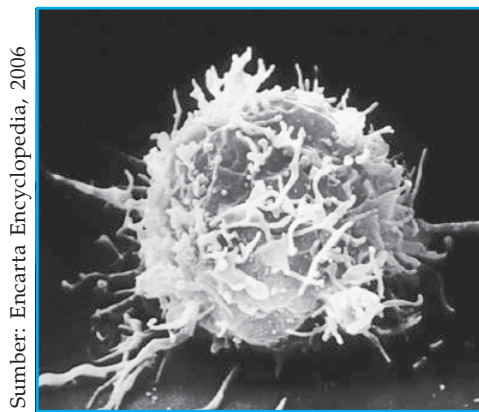
Eritrosit dihasilkan pertama kali di dalam kantong kuning telur saat embrio pada minggu-minggu pertama. Proses pembentukan eritrosit disebut eritropoiesis. Setelah beberapa bulan kemudian, eritrosit terbentuk di dalam hati, limpa, dan kelenjar sumsum tulang. Produksi eritrosit ini dirangsang

oleh hormon eritropoietin. Setelah dewasa eritrosit dibentuk di sumsum tulang membranosa. Semakin bertambah usia seseorang, maka produktivitas sumsum tulang semakin turun.

Sel pembentuk eritrosit adalah hemositoblas yaitu sel batang mieloid yang terdapat di sumsum tulang. Sel ini akan membentuk berbagai jenis leukosit, eritrosit, megakariosit (pembentuk keping darah). Rata-rata umur sel darah merah kurang lebih 120 hari. Sel-sel darah merah menjadi rusak dan dihancurkan dalam sistem retikulum endotelium terutama dalam limfa dan hati. Globin dan hemoglobin dipecah menjadi asam amino untuk digunakan sebagai protein dalam jaringan-jaringan dan zat besi dalam hem dari hemoglobin dikeluarkan untuk dibuang dalam pembentukan sel darah merah lagi. Sisa hem dari hemoglobin diubah menjadi bilirubin (warna kuning empedu) dan biliverdin, yaitu yang berwarna kehijau-hijauan yang dapat dilihat pada perubahan warna hemoglobin yang rusak pada luka memar.

b. Sel Darah Putih (Leukosit)

Sel darah putih ibarat serdadu penjaga tubuh dari serangan musuh. Jika kita terluka, maka sel darah putih ini akan berkumpul di bagian tubuh yang terkena luka, agar tidak ada kuman penyakit yang masuk melalui luka itu. Jika ada kuman yang masuk, maka dia akan segera melawannya. Dapat digambarkan, bahwa akan terjadi pertarungan antara kuman dengan sel darah putih. Timbulnya nanah pada luka itu merupakan gabungan dari sel darah putih yang mati, kuman, sel-sel tubuh, dan cairan tubuh.



Sumber: Encarta Encyclopedia, 2006

Gambar 4.2 Salah satu sel darah putih

Sel darah putih mempunyai nukleus dengan bentuk yang bervariasi. Ukurannya berkisar antara 10 nm–25 nm. Fungsi sel darah putih ini adalah untuk melindungi badan dari infeksi penyakit serta pembentukan antibodi di dalam tubuh. Untuk membedakan strukturnya dari sel darah merah, cobalah Anda perhatikan Gambar 4.2!

Jumlah sel darah putih lebih sedikit daripada sel darah merah dengan perbandingan 1:700. Pada tubuh manusia, jumlah sel darah putih berkisar antara 6 ribu–9 ribu butir/mm³, namun jumlah ini bisa naik atau turun. Faktor penyebab turunnya sel darah putih, antara lain karena infeksi kuman penyakit. Pada tubuh seseorang yang menderita penyakit tifus, sel darah putihnya hanya berjumlah 3 ribu butir/mm³.

Kondisi sel darah putih yang turun di bawah normal disebut *leukopeni*. Pada kondisi ini seseorang harus diberikan obat antibiotik untuk meningkatkan daya tahan dan keamanan tubuh. Apabila tidak, maka orang tersebut dapat meninggal dunia.

Pada orang yang terkena kanker darah atau leukemia, sel darah putih bisa mencapai 20 ribu butir/mm³ atau lebih. Kondisi di mana jumlah sel darah putih naik di atas jumlah normal disebut *leukositosis*.

Sel darah putih dibuat di dalam sumsum tulang, limfe, dan kelenjar limfe. Sel darah putih terdiri atas agranulosit dan granulosit. Agranulosit bila plasmanya tidak bergranuler, sedangkan granulosit bila plasmanya bergranuler.

Tabel 4.1 Macam Sel Darah Putih Agranulosit

No.	Agranulosit	Keterangan
1.	Monosit	Bersifat fagosit dan motil dengan inti bulat panjang.
2.	Limfosit	Tidak motil, inti satu, berfungsi untuk kekebalan. Limfosit membentuk 25% dari seluruh jumlah sel darah putih. Sel ini dibentuk di dalam kelenjar limfa dan dalam sumsum tulang. Sel ini dibagi lagi menjadi limfosit besar dan kecil.

Tabel 4.2 Macam Sel Darah Putih Granulosit

No.	Granulosit	Keterangan
1.	Netrofil	Bersifat fagosit, intinya bermacam-macam, dengan bentuk bermacam-macam pula antara lain batang, bengkok, dan bercabang-cabang. Sel-sel netrofil paling banyak dijumpai pada sel darah putih. Sel golongan ini mewarnai dirinya dengan pewarna netral atau campuran pewarna asam dan basa serta tampak berwarna ungu.
2.	Basofil	Bersifat fagosit dan cenderung berwarna biru. Warna biru ini disebabkan karena sel basofit menyerap pewarna basa.
3.	Eosinofil	Bersifat fagosit dan cenderung berwarna merah. Sel eosinofil hanya sedikit dijumpai pada sel darah putih. Sel ini menyerap pewarna yang bersifat asam (eosin) dan kelihatan merah.

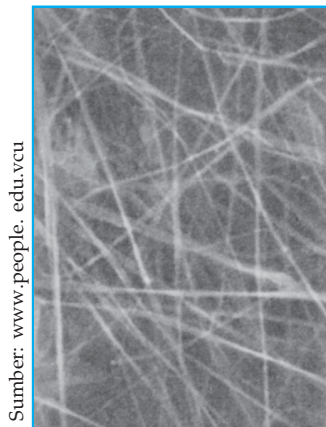
Granulasit dan monosit mempunyai peranan penting dalam perlindungan badan terhadap kuman-kuman penyakit. Dengan kemampuannya sebagai fagosit mereka memakan bakteri-bakteri hidup yang masuk ke peredaran darah. Pada waktu menjalankan fungsi ini mereka disebut fagosit. Dengan kekuatan gerakan amuboidnya ia dapat bergerak bebas di dalam mengitari seluruh bagian tubuh. Dengan cara ini ia dapat:

- 1) mengepung daerah yang terkena infeksi
- 2) menangkap kuman-kuman penyakit hidup
- 3) menyingkirkan bahan lain seperti kotoran-kotoran.

Granulosit juga mempunyai enzim yang dapat memecah protein yang memungkinkan merusak jaringan hidup, menghancurkan, dan membuangnya. Dengan cara ini jaringan yang rusak atau terluka dapat dibuang dan memungkinkan untuk penyembuhan. Sebagai hasil kerja fagositik dari sel darah putih, yaitu peradangan dapat dihentikan sama sekali. Bila kegiatan sel darah putih tersebut tidak berhasil dengan baik, maka dapat terbentuk nanah. Nanah berisi kuman-kuman yang sudah mati.

c. Sel-Sel Darah Pembeku (Trombosit)

Ketika kita mengalami luka pada permukaan tubuh, maka tubuh akan mengeluarkan darah. Terjadinya pendarahan itu disebabkan oleh sobeknya pembuluh darah. Pada keadaan luka yang ringan, setelah beberapa saat darah akan berhenti mengalir. Dalam hal ini tubuh kita memiliki keistimewaan bukan? Pada saat terjadi luka pada permukaan tubuh, komponen darah, yaitu trombosit akan segera berkumpul mengerumuni bagian yang terluka dan akan menggumpal sehingga dapat menyumbat dan menutupi luka. Bagaimana hal tersebut dapat terjadi?

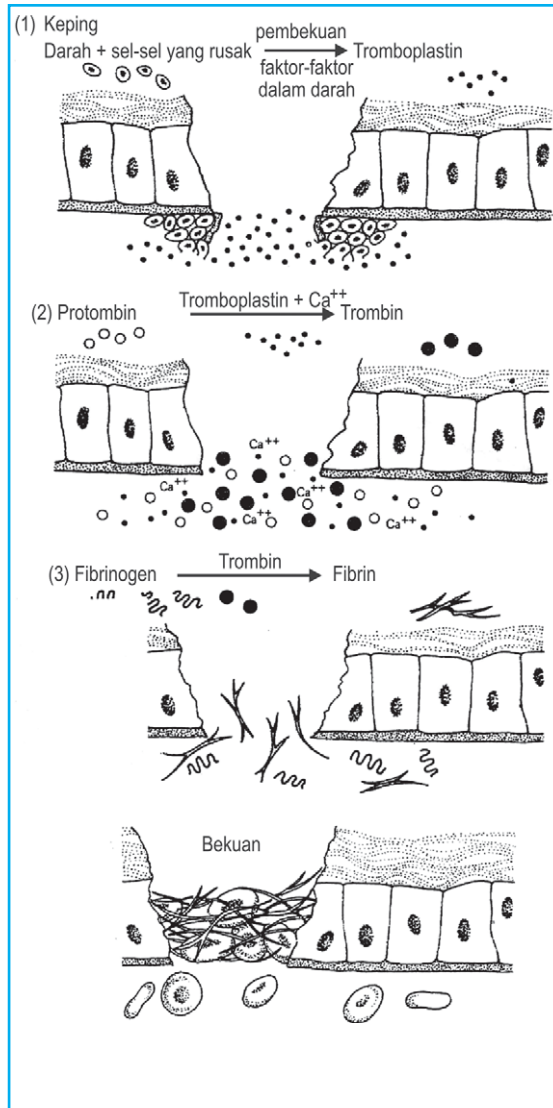


Gambar 4.3 Fibrinogen

Di dalam darah terdapat protein (trombin) yang larut dalam plasma darah yang mengubah fibrinogen (Gambar 4.3) menjadi fibrin atau benang-benang. Fibrin ini akan membentuk anyaman dan terisi keping darah, sehingga mengakibatkan penyumbatan dan akhirnya darah bisa membeku. Proses pembekuan darah ini dapat Anda lihat pada Gambar 4.4.

Keterangan proses pembekuan darah:

1. Kulit terluka menyebabkan darah keluar dari pembuluh. Trombosit ikut keluar juga bersama darah kemudian menyentuh permukaan-permukaan kasar dan menyebabkan trombosit pecah. Trombosit akan mengeluarkan zat (enzim) yang disebut *trombokinase*.
2. *Trombokinase* akan masuk ke dalam plasma darah dan akan mengubah protrombin menjadi enzim aktif yang disebut *trombin*. Perubahan tersebut dipengaruhi ion kalسيوم (Ca^{2+}) di dalam plasma darah. *Protrombin* adalah senyawa protein yang larut dalam darah yang mengandung globulin. Zat ini merupakan enzim yang belum aktif yang dibentuk oleh hati. Pembentukannya dibantu oleh vitamin K.
3. Trombin yang terbentuk akan mengubah *fibrinogen* menjadi benang-benang *fibrin*. Terbentuknya benang-benang fibrin menyebabkan luka akan tertutup sehingga darah tidak mengalir keluar lagi. Fibrinogen adalah sejenis protein yang larut dalam darah. Coba Anda bayangkan, apabila fibrin ini beredar di dalam darah kita tanpa adanya luka, apa yang akan terjadi? Tentunya akan terjadi banyak penyumbatan darah yang bisa berakibat fatal dalam tubuh kita.



Gambar 4.4 Mekanisme pembekuan darah

Sumber: Biologi 2 Kimball, 1999

✓ Perlu Diketahui

Jumlah sel darah pembeku ± 250 ribu sel/ mm^3 darah normal dan hanya dapat bertahan hidup dengan usia 8-10 hari.

Untuk memahami macam-macam sel darah dan bentuknya, coba lakukan Kegiatan Kelompok 1 di bawah ini!

KEGIATAN KELOMPOK 1

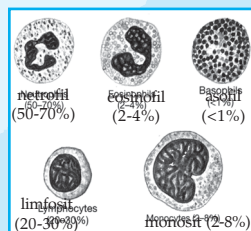
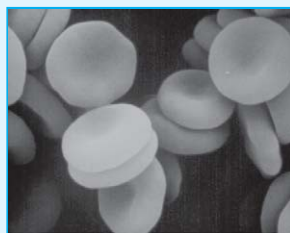
Tujuan : Mengetahui dan memahami bentuk dan struktur sel darah manusia

Alat dan Bahan :

- | | |
|----------------------------------|-------------------|
| 1. Mikroskop | 5. Lampu spiritus |
| 2. Objek gelas dan gelas penutup | 6. Alkohol 75% |
| 3. Jarum penusuk | 7. Metylin biru |
| 4. Kertas | |

Cara Kerja :

1. Sterilkan jarum penusuk dengan alkohol 75%.
2. Ambillah kertas dan berilah alkohol 75% kemudian usapkan pada jari manis Anda. Setelah itu, tusuklah jari manis Anda dengan jarum yang sudah disterilkan.
3. Teteskan darah yang keluar dari objek gelas, kemudian buatlah lapisan tipis atau apusan dengan menggeser tetesan darah tersebut dengan ujung objek gelas yang lain secara perlahan-lahan.
4. Berilah satu tetes pipet larutan Metylin biru, supaya melekat lewatkan di atas api spiritus. Biarkan selama 15 menit.
5. Cucilah apusan darah tersebut dengan aquades, kemudian keringkan.
6. Amatilah di bawah mikroskop. Gambarlah hasil pengamatan itu pada buku kerja Anda! Berilah keterangan dari masing-masing gambar yang Anda peroleh! Bandingkan gambar yang Anda peroleh dengan gambar hasil dari teman-temanmu! Kemudian bandingkan dengan gambar di bawah ini!



Sumber: Encarta Encyclopedia, 2006.

Gambar Bentuk sel darah merah dan sel darah putih

7. Konsultasikan hasil yang Anda peroleh dengan guru pengampu!
8. Presentasikan hasilnya di depan kelas!

2. Cairan Darah (Plasma Darah)

Plasma merupakan cairan yang menyertai sel-sel darah. Plasma ini berwarna kekuning-kuningan. Di dalam plasma darah terlarut berbagai macam zat. Di antara zat-zat tersebut ada yang masih berguna dan adapula yang tidak berguna. Beberapa zat tersebut antara lain seperti berikut.

- a. **Zat makanan dan mineral**, antara lain glukosa, gliserin, asam amino, asam lemak, kolesterol, dan garam mineral.
- b. **Zat hasil produksi dari sel-sel**, antara lain enzim, hormon, dan antibodi.
- c. **Protein**,

Protein dalam plasma darah terdiri atas:

- 1) antiheofilik berguna mencegah anemia;
 - 2) tTromboplastin berguna dalam proses pembekuan darah;
 - 3) protrombin mempunyai peranan penting dalam pembekuan darah;
 - 4) fibrinogen mempunyai peranan penting dalam pembekuan darah;
 - 5) albumin mempunyai peranan penting untuk memelihara tekanan osmotik darah;
 - 6) gammaglobulin berguna dalam senyawa antibodi.
- d. **Karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen.**

Di dalam protein darah terdapat cairan bening atau jernih yang disebut serum. Di dalam serum ini terdapat zat antibodi. Serum bisa diperoleh dari larutan darah yang diputar dalam alat pemusing atau *sentrifuge*.

Apabila ada benda asing masuk ke dalam tubuh, maka tubuh akan berusaha untuk merespons dengan cara membinasakan atau mengeluarkan benda asing tersebut. Benda asing tersebut disebut *antigen*. Antigen ini akan merangsang pembentukan zat antibodi. Cara kerja antibodi spesifik untuk zat-zat tertentu, antara lain tampak pada Tabel 4.3 berikut!

Tabel 4.3 Jenis Antibodi

No.	Jenis Antibodi	Cara Kerja
1.	Presipitin	Mengendapkan antigen dengan presipitin terbentuk molekul yang besar antara antigen yang larut dengan antibodi sehingga berubah menjadi tidak larut dan akan mengendap.

No	Jenis Antibodi	Cara Kerja
2.	Aglutinin	Menggumpalkan antigen. Dengan aglutinasi terbentuk gumpalan-gumpalan yang terdiri atas struktur besar berupa antigen pada permukaannya, bakteri-bakteri, atau sel darah merah.
3.	Antitoksin	Menetralkan racun. Kerja antitoksin, yaitu dengan menutupi tempat-tempat yang toksik dari agen penyebab penyakit.
4.	Lisin	Menguraikan antigen Lisin mampu langsung menyerang membran sel agen penyakit sehingga menyebabkan sel tersebut rusak.

B GOLONGAN DARAH MANUSIA

Tahukah Anda tentang golongan darah? Coba Anda ingat kembali pelajaran di SMP dulu! Apakah golongan darah semua manusia sama? Untuk mengetahui hal ini dilakukan kegiatan di bawah ini!

TUGAS INDIVIDU •

1. Cari tahu golongan darah dari semua anggota keluargamu, ayah, ibu, adik, kakak, nenek, kakek, dan seterusnya.
2. Cari tahu golongan darah dari teman-temanmu di kelas?
3. Kemudian catatlah hasilnya pada buku tugasmu!
4. Dari hasil yang telah Anda dapatkan, hitunglah banyak orang yang bergolongan darah A, B, AB, dan O!

Dari kegiatan di atas Anda mengetahui bahwa golongan darah manusia berbeda-beda bukan?

Untuk mengetahui golongan darah seseorang, harus dilakukan uji laboratorium terlebih dahulu. Untuk mengetahuinya, coba lakukan kegiatan berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 2

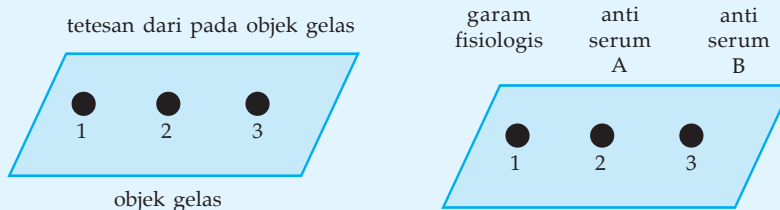
Tujuan : Mengetahui jenis golongan darah pada manusia.

Alat dan Bahan:

- | | |
|------------------|-----------------------------|
| 1. Objek glass | 5. Alkohol 70% |
| 2. Jarum penusuk | 6. Larutan garam fisiologis |
| 3. Tusuk gigi | 7. Anti serum A dan B |
| 4. Kapas | |

Cara Kerja :

1. Basahi kapas dengan alkohol 70%, kemudian usapkan ke jari tengah.
2. Tusuklah jari tengah dengan jarum yang sudah disterilkan.
3. Teteskan 1 tetes darah ke objek gelas di tiga tempat, seperti tampak pada gambar.



Gambar Tetesan darah pada objek gelas

4. Tambahkan masing-masing pada objek gelas nomor 1 dengan 1 tetes garam fisiologis sebagai kontrolnya. Gelas objek nomor 2 dengan 1 tetes anti serum A dan gelas objek nomor 3 ditambahkan dengan 1 tetes antiserum B.
5. Aduklah masing-masing tetes tersebut dengan tusuk gigi yang berlainan.
6. Amatilah yang terjadi pada masing-masing tiap tetes yang ada pada objek gelas. Catatlah dalam buku kerja Anda dan diskusikan dengan teman sekelompok! Tentukan golongan darah yang sudah Anda gunakan dalam percobaan tersebut.

7. Untuk mencari golongan darah, gunakan ketentuan sebagai berikut.

No.	Perlakuan	Hasil perlakuan
1.	Ditesti antiserum A	Jika darah menggumpal, maka mempunyai golongan darah A.
2.	Ditesti antiserum B	Jika darah menggumpal, maka mempunyai golongan darah B
3.	Ditesti antiserum A dan B	Jika darah menggumpal, maka mempunyai golongan darah AB
4.	Ditesti antiserum A dan B	Jika darah tidak menggumpal, maka mempunyai golongan darah O

Golongan darah manusia dibagi menjadi beberapa macam. Hal ini dapat dilihat dari aglutinogen (antigen) dan aglutinin (antibodi) yang terkandung dalam darah seseorang. Penggolongan darah ini pertama kali ditemukan oleh **Dr. Lendsteiner** dan **Donath**. Di dalam darah manusia terdapat aglutinogen (antigen) pada eritrosit dan aglutinin (antibodi) yang terdapat di dalam plasma darah.

Penemuan **Karl Landsteiner** diawali dari penelitiannya, yaitu ketika eritrosit seseorang dicampur dengan serum darah orang lain, maka terjadi penggumpalan (aglutinasi). Tetapi pada orang lain, campuran itu tidak menyebabkan penggumpalan darah. Aglutinogen (aglutinin) yang terdapat pada eritrosit orang tertentu dapat bereaksi dengan zat aglutinin (antibodi) yang terdapat pada serum darah.

Aglutinogen dibedakan menjadi dua yaitu:

- Aglutinogen A : memiliki enzim glikosil transferase yang mengandung glutiasetil glukosamin pada rangka glikoproteinnya.
Aglutinogen B : memiliki enzim galaktose pada rangka glikoproteinnya.

Aglutinin dibedakan menjadi aglutinin α dan β . Darah seseorang memungkinkan dapat mengandung aglutinogen A saja atau aglutinogen B saja. Tetapi kemungkinan juga dapat mengandung aglutinogen A dan B. Ada juga yang tidak mengandung aglutinogen sama sekali.

Adanya aglutinogen dan aglutinin inilah yang menjadi dasar penggolongan darah manusia berdasarkan sistem ABO.

Menurut sistem ABO, golongan darah manusia dibedakan menjadi empat, yaitu sebagai.

Tabel 4.4 Golongan Darah

No.	Golongan Darah	Keterangan
1.	A	Apabila di dalam sel darah seseorang mengandung aglutinogen A dan serumnya mengandung aglutinin β sehingga dapat dirumuskan (A , β).
2.	B	Apabila di dalam sel darah seseorang terdapat aglutinogen B , sedangkan dalam serumnya terdapat aglutinin α sehingga dirumuskan (B , α)
3.	AB	Apabila di dalam sel darah seseorang terdapat aglutinogen A dan B , sedangkan di dalam serumnya tidak mengandung aglutinin, sehingga dapat dirumuskan (AB , -)
4.	O	Apabila di dalam sel darah seseorang tidak terdapat aglutinogen sedangkan dalam serumnya mengandung aglutinin α dan β sehingga dapat dirumuskan (γ , α β).

Pada penelitiannya, Leindsteiner juga menemukan aglutinogen yang terdapat pada darah kera, *Maccacus rhesus*, sehingga diberi nama aglutinogen rhesus. Dari fakta ini, kemudian golongan darah dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

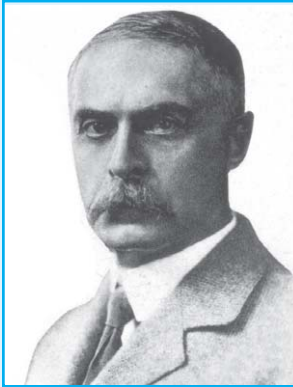
1. **Golongan darah Rh⁺**, jika di dalam sel darah seseorang terdapat aglutinogen rhesus.
2. **Golongan darah Rh⁻**, jika di dalam sel darah seseorang tidak terdapat aglutinogen rhesus.

Sistem rhesus ini dalam tranfusi darah juga harus diperhatikan. Apabila golongan darah Rh⁺ maka tidak boleh digunakan sebagai donor untuk golongan darah Rh⁻, karena bisa terjadi aglutinasi (penggumpalan).

Pada kasus lain, jika seorang ibu yang memiliki golongan darah Rh⁻ kemudian mengandung bayi dengan golongan darah Rh⁺, maka sel darah bayi akan rusak dan menyebabkan penyakit bawaan, yaitu penyakit kuning atau *eritroblastosis fetalis*.

• Biografi Tokoh

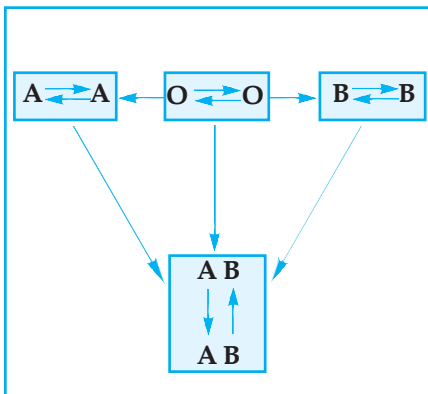
Sumber: Jendela Iptek, 2000



Pada tahun 1900, Dr. Karl Landsteiner mengadakan suatu penelitian. Ia menemukan macam-macam tipe darah pada manusia. Ia melakukan pengujian dengan mencampurkan eritrosit seseorang dengan serum darah orang lain. Ternyata terjadi penggumpalan.

Pada tahun 1930, ia mendapatkan hadiah Nobel bidang kesehatan, dari penemuannya tentang golongan darah.

C TRANSFUSI DARAH



Gambar 4.5
Skema tranfusi darah

Pernahkah Anda melakukan transfusi darah atau melihat proses transfusi darah? Jika belum, Anda bisa melihat proses ini di rumah sakit. Tujuan dilakukannya transfusi darah adalah untuk memberikan darah kepada orang yang kekurangan darah, misalnya karena kecelakaan, operasi, proses melahirkan, dan sebagainya. Tentunya ada hal-hal yang harus diperhatikan pada proses transfusi ini, terutama jenis golongan darah.

Dalam kasus transfusi darah, golongan darah ini sangat penting sekali diketahui.

Jika golongan darah yang ditransfusikan tidak sesuai, terutama protein darahnya, maka sel darah akan digumpalkan atau mengalami aglutinasi (penggumpalan). Apabila hal ini terjadi bisa membahayakan jiwa penerima transfusi darah.

Orang yang memberikan darahnya disebut *donor*, sedangkan orang yang menerima darah disebut *resipien*. Kemungkinan tranfusi darah dari donor pada resipien dapat dilihat dari skema pada Gambar 4.5!

Dari skema pada gambar di samping terlihat adanya kemungkinan terjadinya transfusi darah. Skema tersebut dapat dijelaskan dengan tabel di bawah ini:

Skema Transfusi		Golongan Darah Donor				Keterangan :
		A	B	AB	O	
Golongan Darah Resipien	A	○	●	●	○	● = menggumpal ○ = tidak menggumpal
	B	●	○	●	○	
	AB	○	○	○	○	
	O	●	●	●	○	

Dari tabel di atas apabila dipandang dari donornya terlihat bahwa:

1. golongan darah A dapat menjadi donor bagi golongan darah A dan AB;
2. golongan darah B dapat menjadi donor bagi golongan darah B dan AB;
3. golongan darah AB dapat menjadi donor bagi golongan darah AB;
4. golongan darah O dapat menjadi donor bagi golongan darah A, B dan AB.

Dalam hal ini golongan darah O disebut sebagai *donor universal* yaitu donor bagi semua golongan darah.

Apabila dipandang dari resipiennya terlihat bahwa:

1. golongan darah A dapat menjadi resipien dari golongan darah A dan O;
2. golongan darah B dapat menjadi resipien dari golongan darah B dan O;
3. golongan darah AB dapat menjadi resipien dari golongan darah A, B, AB dan O, dalam hal ini golongan darah AB disebut *resipien universal*, yaitu resipien dari semua golongan darah;
4. golongan darah O hanya dapat menjadi resipien dari golongan darah O saja.

TUGAS INDIVIDU

Lakukan kunjungan ke suatu rumah sakit terdekat di kota Anda! Tanyakanlah pada petugas bagaimanakah proses transfusi darah dilakukan! Jika perlu lihatlah proses-prosesnya! Ceritakanlah hasil belajarmu ini di depan kelas!

D ALAT-ALAT PEREDARAN DARAH

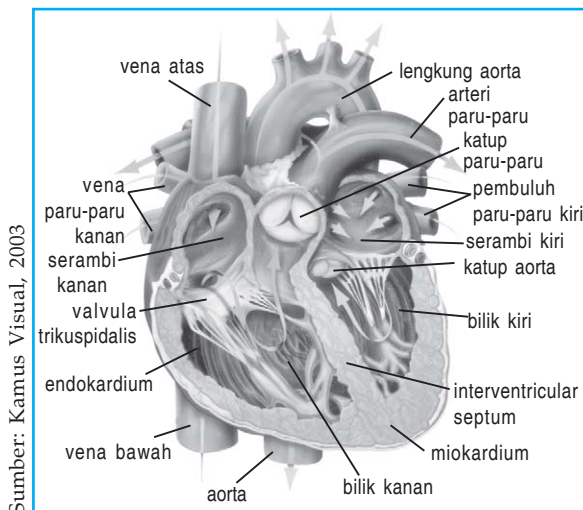
Alat-alat peredaran darah manusia terdiri atas jantung, pembuluh darah, dan limfa.

1. Jantung

a. Struktur Jantung

Jika Anda meraba dada bagian kiri, maka Anda merasakan suatu denyutan. Dari mana asal denyutan itu? Denyutan itu berasal dari kerja jantung. Jantung termasuk salah satu organ vital dalam tubuh kita. Jantung terletak di dalam rongga mediastinum dari rongga dada (toraks), di atas paru-paru. Jantung berukuran sebesar kepalan tangan masing-masing orang. Fungsi jantung adalah memompa darah ke seluruh tubuh. Pada manusia, jantung

terdiri atas empat ruangan, yaitu serambi kiri, serambi kanan, bilik kiri, dan bilik kanan. Dinding jantung terdiri atas 3 lapisan, antara lain perikardium, miokardium, dan endokardium. *Perikardium* adalah selaput pembungkus jantung. Perikardium terdiri dari 2 bagian, yaitu sebelah dalam dan luar. Di antara kedua lapisan perikardium di pisahkan oleh sedikit cairan pelumas yang berfungsi mengurangi gesekan yang disebabkan oleh gerakan memompa dari jantung itu sendiri. *Miokardium* adalah otot



Gambar 4.6 Struktur jantung

jantung, adapun *endokardium* adalah selaput yang membatasi ruangan jantung. Antara ruangan jantung terdapat klep (katup) yang berfungsi untuk mengatur aliran darah agar tetap searah. Klep pada ruangan jantung tersebut, antara lain:

- a. *Valvula trikuspidalis* dan *valvula mitral*
Klep (katup) ini terdapat antara serambi kanan dan bilik kanan.
- b. *Valvula bikuspidalis*
Letak klep (katup) ini terdapat antara serambi kiri dan bilik kiri.
- c. *Valvula semilunaris*
Klep (katup) ini terdapat pada pangkal nadi besar.

Di dalam miokardium ada jalan-jalan penghantaran khusus yang berfungsi menjamin irama dan impuls serta kontraksi otot jantung, yang dikendalikan oleh sistem saraf tak sadar.

Sistem saraf yang bekerja pada jantung adalah sebagai berikut.

- a. Simpul Keith – Flack (*nodus sino aurikularis*), terdapat pada dinding serambi di antara vena yang masuk ke serambi kanan.
- b. Simpul Tawara (*nodus atrioventrikularis*), terdapat pada sekat serambi dengan bilik.
- c. Berkas His, yang terdapat pada sekat antara bilik jantung. Simpul saraf ini bercabang-cabang ke otot serambi jantung.

Urutan normal jalannya impuls melalui sistem saraf dimulai dari nodus aurikularis. Karena itu nodus aurikularis disebut sebagai pemacu alami dari jantung. Impuls dari jantung ini kemudian menyebar dari nodus sino aurikularis menuju sistem penghantar khusus dan kemudian sampai ke otot-otot serambi. Impuls ini kemudian sampai ke nodus atriobentrikularis.

Dari nodus atriobentrikularis impuls diteruskan ke berkas His. Berkas His ini bercabang menjadi cabang berkas sebelah kanan dan cabang berkas sebelah kiri, yang menjulur ke bawah pada sisi yang berlawanan dari sekat antara bilik. Berkas cabang ini merupakan asal dari suatu jalinan cabang serabut yang kompleks yang disebut dengan sistem Purkinje, yang menyebar ke seluruh permukaan sebelah dalam kedua bilik jantung. Penyebaran impuls melalui serabut Purkinje ini berjalan cepat sekali.

Dengan adanya sistem saraf di atas akan dapat menghasilkan suatu kontraksi dan kegiatan simultan dari sel-sel miokardium.

Perlu Diketahui

- Selama sehari \pm 100 ribu kali, jantung berdenyut. Ini berarti jika usia seseorang 45 tahun, maka jantungnya sudah berdenyut sebanyak 2 miliar kali, dan memompa darah sebanyak 130 juta liter.
- Kecepatan denyut jantung ditentukan pula oleh ukuran tubuh. Denyut jantung gajah $25 \times$ per menit, kucing $125 \times$ per menit, tikus $400 \times$ per menit dan kelinci $200 \times$ per menit.

b. Kerja Jantung

Jantung merupakan organ yang tugasnya sangat berat, karena ia harus bekerja 24 jam setiap hari, yaitu memompa darah. Bahkan, perlu kita ketahui ternyata jantung inilah organ pertama yang mempunyai fungsi sejak janin berusia 2 bulan. Pada janin yang berusia 2 bulan, jantung sudah mulai berdenyut memompa darah. Kerja jantung tidak diperintah otak sadar. Karunia ini harus kita syukuri, yaitu merupakan bukti kekuasaan Tuhan Yang Maha Esa. Coba Anda bayangkan jika jantung kita bekerja karena diperintah otak, apa yang akan terjadi? Diskusikan bersama teman Anda!

Jika kerja jantung tidak dipengaruhi otak, lalu siapa yang mengatur denyut jantung? Ternyata kerja denyut jantung diatur oleh arus listrik yang dihasilkannya sendiri. Salah satu faktanya dapat kita lihat pada jantung katak yang tetap berdenyut beberapa menit setelah diambil dari tubuhnya, bahkan masih dapat berdenyut beberapa hari apabila jantung tersebut direndam dengan larutan fisiologis seperti NaCl.

Jantung bekerja dengan melakukan kontraksi otot dengan gerakan mengembang dan mengempis secara bergantian. Denyutan jantung tersebut dapat dirasakan pembuluh nadi pada tubuh kita. Untuk menghitung denyut nadi tersebut lakukan Kegiatan Kelompok 3 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 3

Tujuan : Mengetahui jumlah denyut nadi setiap menit.

Alat : Arloji atau *stopwatch*

Cara Kerja :

1. Tempelkan ibu jari kanan Anda pada pergelangan tangan kiri. Tekanlah sedikit sehingga Anda merasakan denyut nadi.
2. Hitunglah denyut nadi Anda selama 1 menit. Catatlah hasilnya pada kertas kerja Anda!
3. Bandingkan denyut nadi Anda dengan denyut nadi sesudah melakukan kegiatan berlari selama ± 3 menit.
4. Hitunglah jumlah denyut nadi setelah melakukan aktivitas tersebut! Catatlah hasilnya pada kertas kerja Anda!

Berdasarkan kegiatan itu, jawablah pertanyaan di bawah ini!

- a. Bagaimanakah jumlah denyut nadi ketika seseorang berada dalam keadaan istirahat dan setelah beraktivitas?
- b. Mengapa terjadi perbedaan jumlah denyut nadi dari dua keadaan itu?

- c. Faktor apa saja yang menyebabkan perbedaan jumlah denyut nadi pada seseorang?
5. Simpulkan kegiatan yang Anda lakukan ini! Mintalah saran/pendapat dari guru pengampu!

Darah selalu beredar di dalam tubuh. Darah kembali dari paru-paru (pulmonum) lewat pembuluh balik paru-paru (pulmonal) dengan cadangan oksigen yang diperbaharui masuk ke dalam serambi kiri jantung. Ketika serambi kiri berkontraksi, maka darah diperas masuk ke dalam bilik melalui katup (klep) mitral. Ketika bilik kiri berkontraksi, maka katup mitral ini menutup dan katup aorta membuka. Darah diperas masuk ke dalam aorta. Kemudian di alirkan ke seluruh pembuluh nadi menuju seluruh tubuh, membagikan oksigen ke jaringan-jaringan.

Kemudian darah kembali masuk jantung. Melewati serambi kanan dari pembuluh balik besar, dari bagian bawah tubuh dan dari kepala serta bagian atas tubuh. Darah tersebut di peras masuk ke dalam bilik kanan lewat katup (klep) trikuspidalis. Ketika bilik kanan berkontraksi, maka katup (klep) trikuspidalis ini menutup. Darah diperas masuk ke dalam pembuluh nadi paru-paru (arteri pulmonalis) lewat katup (klep) pulmonalis. Di dalam jaringan paru-paru (alveoli) cadangan oksigen darah diperbaharui kemudian kembali ke serambi kiri melalui pembuluh balik pulmonal. Proses ini diulangi terus menerus dengan frekuensi 75 kali per menit.

Periode dari suatu akhir kontraksi hingga akhir kontraksi berikutnya disebut siklus jantung. Siklus jantung dibedakan menjadi 2, yaitu sebagai berikut.

- 1) Periode Relaksasi

Pada saat ini serambi jantung menguncup dan bilik jantung mengembang maksimal. Darah masuk ke jantung. Kondisi ini dinamakan diastol.

- 2) Periode Kontraksi

Pada saat ini otot bilik jantung menguncup. Darah dalam bilik di pompa ke pembuluh nadi paru-paru atau ke aorta secara bersama. Kondisi ini dinamakan sistol.



Perlu Diketahui

Kecepatan denyut nadi seseorang berbeda-beda karena dipengaruhi oleh faktor tertentu, antara lain usia, berat badan, jenis kelamin, kesehatan, dan aktivitas seseorang.

Dalam keadaan normal, jantung akan berdetak sebanyak 60 sampai dengan 90 kali setiap menit.

Pada pengukuran tekanan darah yang diukur adalah sistol dan diastol ini. Pada seorang dewasa sehat tekanan darahnya 120/80 mm Hg. Artinya adalah tekanan sistol 120 mmHg dan diastol 80 mmHg. Alat untuk mengukur tekanan darah ini disebut dengan tensimeter (*sphygmomanometer*), seperti terlihat pada Gambar 4.7!



Sumber: Clip Art

Gambar 4.7 Tensimeter

Kasus lain terjadi pada peredaran darah janin (fetus) yang agak berbeda dengan peredaran darah pada orang dewasa seperti pada penjelasan di atas. Hal ini disebabkan bayi belum bernapas dengan paru-paru, sehingga kebutuhan akan O_2 dan makanan harus dipenuhi dari ibunya, dengan bantuan plasenta. Darah dari serambi kanan melalui foramen ovale masuk ke serambi kiri. Selanjutnya, darah akan menuju plasenta dengan melalui arteria umbilikal. Di dalam plasenta, darah akan mengambil O_2 dan sari makanan. Dengan melewati vena umbilikal, maka darah akan dibawa kembali ke dalam tubuh bayi.

Untuk mengetahui kerja alat ini, ikutilah Kegiatan Kelompok 4 berikut!

KEGIATAN KELOMPOK 4

Tujuan : Mengukur tekanan darah manusia

Alat : Tensimeter (*sphygmomanometer*)

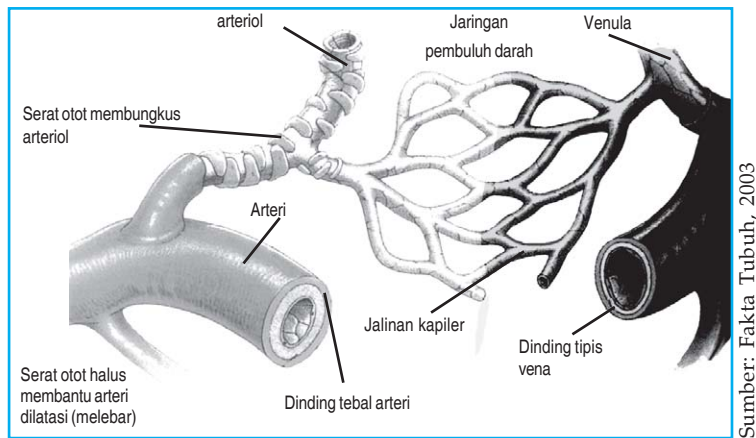
Cara Kerja :

1. Pasanglah alat tensimeter pada bagian lengan kiri atas kemudian tekanlah alat pada bagian karet hitam dengan cara memompanya beberapa kali.
2. Dengarkan bunyi detak jantung yang dihasilkan, dan catatlah besar tekanannya dengan melihat pada angka skala yang ada. Detak jantung pertama yang terdengar merupakan tekanan sistole, sedangkan tekanan diastole dapat diketahui dari menghilangnya bunyi detak jantung.
3. Catatlah hasil pengamatan Anda dan konsultasikan pada guru yang bersangkutan! Catatlah hasilnya dalam buku kerja Anda.
4. Bandingkan hasilnya dengan pengukuran beberapa teman Anda di kelas!

Adakah kesamaannya? Coba jelaskan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tekanan darah seseorang!

2. Pembuluh Darah

Untuk memahami tentang pembuluh darah, cobalah Anda perhatikan Gambar 4.8 berikut ini!



Gambar 4.8 Pembuluh darah

Jika memperhatikan Gambar 4.8, mungkin Anda akan membayangkan bahwa bentuk pembuluh darah seperti selang panjang, yang di dalamnya berisi cairan darah. Melalui pembuluh darah darah mengalir beredar ke seluruh tubuh. Pembuluh darah ini memiliki otot tebal dan elastis. Macam pembuluh darah adalah sebagai berikut.

a. Pembuluh Nadi/Arteri

Pembuluh ini merupakan pembuluh yang keluar dari jantung. Pembuluh ini memiliki 1 buah katup/klep berbentuk bulan sabit yang disebut *valvula semilunaris*. Fungsi pembuluh ini adalah untuk menjaga aliran darah tetap searah. Pembuluh ini dibedakan menjadi tiga.

1) Pembuluh Nadi Besar

Pembuluh nadi besar disebut juga *aorta*. Pembuluh ini berhubungan langsung dengan bilik kiri, sehingga membawa darah kaya O_2 yang akan dibawa ke seluruh tubuh, bagian kepala maupun bagian bawah dari organ tubuh. Pembuluh nadi lain yang berhubungan dengan bilik kanan adalah arteri *pulmonales*, yaitu mengangkut darah yang kaya CO_2 . Pembuluh ini menghubungkan darah menuju organ paru-paru kiri dan kanan. Gas CO_2 di dalam paru-paru akan dilepaskan dan diganti dengan O_2 yang kemudian dibawa menuju jantung.

2) Arteri

Pembuluh arteri merupakan cabang dari aorta.

3) Arteriola

Pembuluh ini merupakan cabang arteri yang berhubungan langsung dengan kapiler. Pada kapiler ini akan terjadi pertukaran gas, kemudian dari kapiler ini darah akan kembali ke jantung melalui venula dan dibawa ke pembuluh balik (vena).

b. Pembuluh Balik/Vena

Pembuluh balik disebut juga *vena*, yaitu pembuluh yang mengangkut darah dari seluruh tubuh ke jantung. Masuknya darah ke ruangan serambi kanan dari jantung. Pembuluh ini dibedakan menjadi tiga.

1) Vena Cava

Pembuluh ini mengangkut darah dari bagian atas (kepala) yang disebut *vena cava superior* dan dari bagian bawah, misalnya kaki, ginjal, hati, dan lain-lain yang disebut *vena cava inferior*.

2) Vena

Contoh pembuluh vena, yaitu *vena pulmonalis*. Pembuluh ini mengangkut darah yang kaya O₂ dari paru-paru menuju ke serambi kiri.

3) Venula

Pembuluh venula merupakan pembuluh balik yang langsung berhubungan dengan kapiler.

Pembuluh nadi (arteri) dan pembuluh balik (vena) sama-sama mempunyai fungsi yang sama, yaitu mengalirkan darah ke jantung dan dari jantung. Namun di antara keduanya memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut dapat terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.5 Perbedaan Pembuluh Nadi dan Balik

No	Karakteristik	Pembuluh Nadi	Pembuluh balik
1	Tempat	Agak ke dalam tersembunyi	Dekat permukaan tubuh, tampak kebiru-biruan
2	Dinding pembuluh	Tebal, kuat, elastis	Tipis, tidak elastis
3	Aliran darah	Dari jantung	Menuju jantung
4	Denyut	Terasa	Tidak terasa
5	Katup	Hanya di satu tempat dekat jantung	Di sepanjang pembuluh
6	Jika terluka	Darah memancar keluar	Darah tidak memancar, hanya menetes

E MACAM-MACAM PEREDARAN DARAH

Jantung merupakan organ utama peredaran darah. Darah beredar selalu berada di dalam pembuluh darah. Peredaran darah seperti ini disebut peredaran darah tertutup.

Jika kita cermati penjelasan tersebut, maka dapat kita tarik kesimpulan bahwa darah beredar ke seluruh tubuh. Dalam satu kali beredar, darah melewati jantung sebanyak dua kali. Peredaran darah seperti ini disebut peredaran darah ganda. Ada dua macam peredaran darah ganda, yaitu sebagai berikut.

- a. **Peredaran darah besar**, yaitu peredaran darah yang membawa darah dari bilik kiri ke seluruh tubuh dan kembali ke serambi kanan.
- b. **Peredaran darah kecil**, adalah peredaran darah yang membawa darah dari bilik kanan menuju paru-paru, kemudian kembali ke serambi kiri.

F PEREDARAN GETAH BENING (LIMFA)

Limfa disebut juga getah bening, merupakan cairan tubuh yang tak kalah penting dari darah. Ada beberapa perbedaan antara limfa dengan darah. Di antaranya dapat dijelaskan di bawah ini.

Cairan limfa berwarna kuning keputih-putihan yang disebabkan karena adanya kandungan lemak dari usus. Jika darah tersusun dari banyak sel-sel darah, maka pada limfa hanya terdapat satu macam sel darah, yaitu limfosit, yang merupakan bagian dari sel darah putih. Limfosit inilah yang akan menyusun sistem imunitas pada tubuh, karena dapat menghasilkan antibodi.

Cairan limfa juga memiliki kandungan protein seperti pada plasma darah, namun pada limfa ini kandungan proteinnya lebih sedikit dan mengandung lemak yang dihasilkan oleh usus.

Perbedaan lain juga terlihat pada pembuluh limfa. Berbeda dengan pembuluh darah, pembuluh limfa ini memiliki katup yang lebih banyak dengan struktur seperti vena kecil dan bercabang-cabang halus dengan bagian ujung terbuka. Dari bagian yang terbuka inilah cairan jaringan tubuh dapat masuk ke dalam pembuluh limfa.

Pembuluh limfa mempunyai fungsi seperti berikut.

1. Mengangkut cairan dan protein dari jaringan tubuh ke dalam darah.
2. Menghancurkan kuman penyakit.
3. Menghasilkan zat antibodi.
4. Mengangkut emulsi lemak dari usus ke dalam darah.

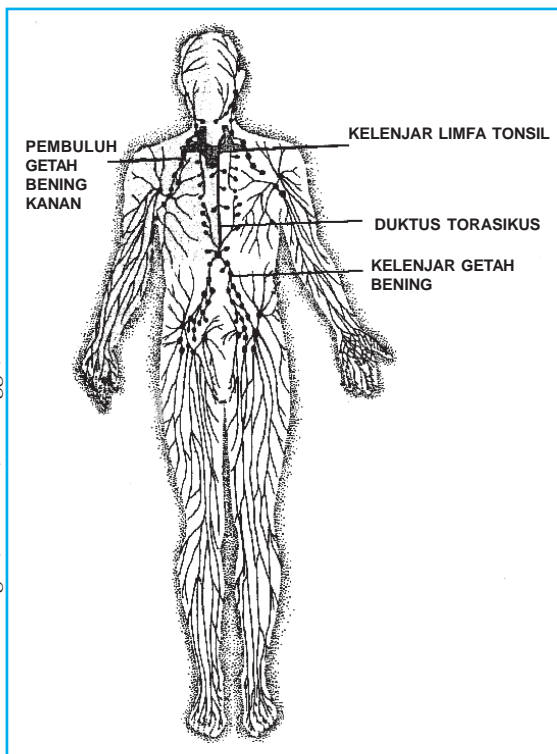
Pembuluh limfa utama dalam tubuh terdiri atas bagian-bagian berikut.

1. Duktus Limfatikus Dekster (Pembuluh Limfa Kanan)

Pembuluh ini terletak pada pembuluh balik di bawah tulang selangka kanan. Pembuluh limfe kanan merupakan tempat muara dari semua cairan limfe yang berasal dari kepala, leher, dada, paru-paru, jantung, dan lengan kanan.

2. Duktus Toraksikus (Pembuluh Limfa Dada)

Pembuluh ini terletak pada pembuluh balik di bawah tulang selangka kiri. Pembuluh ini merupakan tempat muara pembuluh lemak dari usus. Pembuluh limfe ini juga mengumpulkan cairan limfe yang berasal dari bagian lain selain yang disebutkan di atas.



Sumber: Biologi 2, Kimball, Erlangga, 1999

Peredaran limfe dimulai dari seluruh tubuh dan berakhir di pembuluh balik. Pada tempat-tempat pertemuan pembuluh limfe terdapat kelenjar limfa. Kelenjar ini menghasilkan zat antibodi yang disebut limfosit, berfungsi untuk membasmi bibit penyakit. Kelenjar limfa yang terdapat dalam tubuh manusia, antara lain terdapat pada ketiak, leher, paha, lipatan siku, tonsil, amandel, adenoid. Agar lebih jelas tentang sistem limfa Anda dapat memperhatikan Gambar 4.9!

Gambar 4.9
Sistem limfatik pada manusia

Pada uraian sebelumnya sudah dibahas secara mendetail tentang darah. Begitu pentingnya peredaran darah dalam tubuh kita, sehingga kita perlu menjaga kesehatannya dan menghindari hal-hal yang bisa menyebabkan gangguan pada sistem peredaran darah. Beberapa gangguan yang perlu kita waspadai berkaitan dengan sistem peredaran darah adalah sebagai berikut.

1. AIDS

Tahukah Anda tentang penyakit AIDS? Penyakit ini disebabkan oleh virus HIV AIDS, biasanya terjadi pada orang yang memiliki gaya hidup berganti pasangan serta pengguna jarum suntik untuk obat-obatan terlarang. Sekitar 60% pengguna jarum suntik obat-obatan terlarang terinfeksi virus ini.

Sebagian besar masyarakat kita menganggap penyakit AIDS adalah penyakit tabu karena biasanya yang menderita penyakit ini adalah orang-orang yang memiliki gaya hidup tidak baik seperti disebutkan di atas. Masyarakat juga menganggap penyakit ini adalah penyakit yang sangat ganas dan tidak ada obatnya. Seseorang yang mengidap penyakit ini jika terinfeksi penyakit walaupun ringan, penyakit tersebut mudah sekali menjadi parah. Tahukah Anda mengapa bisa terjadi demikian?

Kasus tersebut merupakan sebagian kecil dari akibat rusaknya sel darah putih. Seseorang yang terkena penyakit yang merusak sel darah putih, berakibat ia tidak lagi memiliki kekebalan tubuh. Jika seseorang tidak punya daya kebal dalam tubuhnya, maka ia mudah terinfeksi penyakit-penyakit lain. Inilah yang menunjukkan fungsi utama dari sel darah putih, yaitu untuk kekebalan tubuh. Coba Anda sebutkan lagi kasus lain yang diakibatkan oleh rusaknya sel darah putih!

2. Leukimia/Kanker Darah

Pada penderita penyakit ini, sel darah putihnya aktif membelah dan tak terkendali, sehingga jumlahnya melebihi jumlah normal.

3. Anemia

Orang yang menderita penyakit ini, sel darah merah dalam tubuhnya kekurangan hemoglobin. Kasus lain dapat pula disebabkan karena tubuh seseorang kekurangan darah yang disebabkan operasi, kecelakaan, proses melahirkan, maupun gizi buruk.

4. Hemofili

Penyakit ini ditandai dengan darah yang sukar membeku. Penyakit ini merupakan penyakit bawaan/keturunan.

5. Hipertensi

Tanda-tanda penyakit ini, antara lain tekanan darah seseorang naik di atas normal. Coba ingatlah kembali tekanan darah normal pada orang dewasa!

6. Hipotensi

Penyakit ini merupakan keadaan yang berlawanan dengan hipertensi, yaitu suatu keadaan di mana tekanan darah seseorang turun di bawah tekanan darah normal.

7. Varises

Seseorang yang menderita penyakit ini akan mengalami pelebaran pada pembuluh balik (vena), kebanyakan terdapat pada bagian kaki atau betis. Penyebabnya adalah aliran darah yang tidak lancar. Ini sering dialami oleh seseorang yang banyak melakukan kegiatan dengan berdiri dan sering pula dialami wanita yang sedang hamil.

8. Wasir (Hemoroid)

Tanda-tanda penyakit ini, yaitu adanya pelebaran pembuluh balik (vena) yang terdapat di bagian dubur. Faktor pencetus biasanya karena aktivitas mengejan.

9. Sklerosis

Sklerosis ditandai dengan adanya pengerasan pada pembuluh nadi. Pengerasan ini disebabkan oleh endapan senyawa lemak maupun kapur.

10. Miokarditis

Penyakit ini diakibatkan radang yang terjadi pada otot jantung.

11. Jantung Koroner

Jantung koroner merupakan salah satu penyakit yang mematikan. Pada tahun 1976 di Amerika, kasus kematian 38% disebabkan karena penyakit jantung koroner. Penyakit ini disebabkan tersumbatnya pembuluh darah arteri oleh lemak, sehingga aliran darah menuju jantung tidak lancar.

12. Eritroblastosis Fetalis (Penyakit Kuning)

Penyebab penyakit ini adalah rusaknya sel darah merah bayi oleh aglutinin ibunya.

13. Penyakit Kaki Gajah (Elephantiasis)

Penyakit kaki gajah disebabkan karena larva cacing filaria. Larva cacing filaria ini masuk ke dalam darah melalui gigitan nyamuk *Culex* sp. Larva ini kemudian terbawa dalam peredaran darah. Di dalam pembuluh getah bening (limfa) larva akan menetas menjadi cacing. Cacing-cacing tersebut akan menyumbat saluran limfa dan menyebabkan pecahnya saluran limfa. Cairan limfa yang keluar dari saluran inilah yang akan mengisi jaringan di bagian kaki sehingga kaki menjadi bengkak.

Setelah Anda mengetahui tentang beberapa gangguan yang terjadi pada alat peredaran darah, maka Anda harus berusaha mengantisipasi agar tidak mengalami gangguan-gangguan seperti itu. Beberapa tindakan yang dapat kita lakukan untuk mencegah gangguan itu adalah sebagai berikut.

1. Bila suatu saat kita mendapat luka terbuka, usahakan darah tidak terus mengalir. Jika terjadi kekurangan darah yang berat, harus segera diberikan penambahan darah melalui transfusi darah.
2. Membiasakan olahraga secara teratur. Olahraga secara teratur bisa melancarkan peredaran darah. Cara ini berguna untuk mencegah beberapa penyakit, seperti varises, hipotensi, dan hipertensi.
3. Sering mengonsumsi makanan yang berserat seperti buah-buahan, sayur-sayuran serta biji-bijian untuk melancarkan buang air besar. Sulit buang air besar merupakan salah satu faktor pencetus wasir.
4. Hindari kebiasaan menahan buang air besar, karena dapat menyebabkan tinja menjadi keras. Tinja yang keras dapat memecahkan pembuluh vena, sehingga mengakibatkan wasir.
5. Kurangi mengonsumsi makanan yang berlemak untuk mencegah penyakit jantung koroner, berpola pikir positif, menghindari tekanan batin dan stres, karena ini akan memicu serangan jantung.
6. Mengimbangi kesehatan jasmani dengan kesehatan rohani, misalnya dengan beribadah sesuai ajaran agama yang dianut dan menerapkan ajaran agama dengan baik serta terbiasa berpola pikir positif.

Terapkan slogan berikut dalam gaya hidup Anda

"Kesehatan jantung merupakan jantung kehidupan dan mencintai hidup berarti memelihara kesehatan jantung".

H PEREDARAN DARAH PADA HEWAN

1. Peredaran Darah pada Hewan Invertebrata

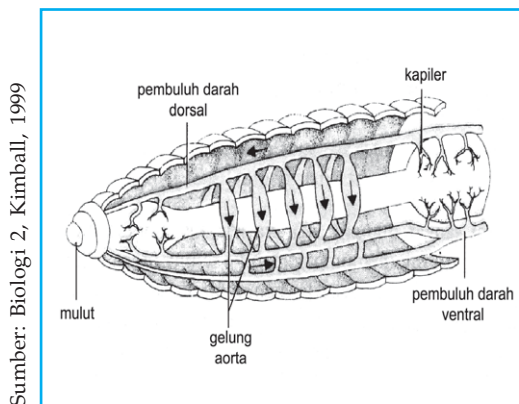
Sebelumnya Anda sudah mempelajari sistem peredaran darah pada manusia. Pada sub bab ini Anda akan mempelajari peredaran darah pada hewan. Samakah peredaran darah pada hewan invertebrata dengan hewan-hewan lain? Dilihat dari struktur tubuhnya, ada beberapa perbedaan, terutama dengan hewan invertebrata.

Uraian berikut akan menjelaskan tentang sistem peredaran darah pada hewan, baik vertebrata maupun invertebrata.

a. Peredaran Darah Cacing Tanah

Cairan yang terdapat dalam tubuh cacing tanah berupa darah. Darah ini beredar ke seluruh tubuh dengan melewati pembuluh darah sehingga disebut juga peredaran darah tertutup.

Darah cacing tanah mengandung hemoglobin yang berfungsi untuk mengangkut O_2 . Berbeda dengan hewan vertebrata, hemoglobin cacing tanah ini tidak terdapat pada sel-sel darah merah.



Gambar 4.10
Peredaran darah cacing tanah

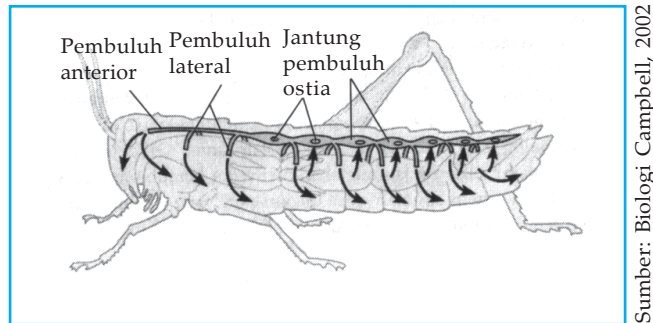
Peredaran darah pada cacing tanah agak sederhana. Jantung cacing tanah berupa lima lengkung aorta. Darah dari pembuluh darah dorsal mengalir ke bagian kepala, kemudian melewati lima lengkung aorta ke arah belakang melewati pembuluh darah ventral yang berada di bagian perut. Pembuluh darah ventral mengangkut darah ke arah belakang, kemudian diteruskan ke suatu sistem pembuluh darah yang lebih kecil dan rumit, yang berakhir di kapiler-kapiler. Di sinilah terjadi pertukaran gas. Agar lebih jelas, perhatikan skemanya Gambar 4.10!

b. Peredaran Darah Insekta

Peredaran darah pada insekta dapat dengan mudah Anda amati pada belalang. Peredaran darah yang terjadi pada belalang adalah peredaran darah terbuka, yaitu selama peredarannya, darah tidak terdapat di dalam

pembuluh darah. Darah belalang yang beredar ke seluruh tubuh tidak membawa O_2 , tetapi hanya membawa sari makanan karena O_2 dibawa oleh sistem trakea.

Sistem peredaran darah pada belalang terdiri atas pembuluh yang memanjang di atas saluran pencernaan. Pembuluh ini terdiri atas bagian paling depan berupa aorta dan tengah terdapat jantung pembuluh yang berupa gelembung-gelembung yang memiliki lubang-lubang halus. Perhatikan pada Gambar 4.11 berikut ini!



Gambar 4.11 Pembuluh darah belalang

Darah dari jantung pembuluh dipompakan ke bagian depan melalui aorta. Dari aorta, darah dikeluarkan ke jaringan-jaringan tubuh dan beredar ke seluruh tubuh tanpa melalui pembuluh darah. Di sinilah terjadi pertukaran zat. Darah memberikan sari makanan yang dibawa pada jaringan tubuh dan mengambil sisa metabolisme dari jaringan tubuh. Setelah itu, darah akan masuk ke jantung pembuluh lagi melewati lubang-lubang halus. Agar lebih jelas memahami tentang peredaran darah pada invertebrata coba lakukan kegiatan di bawah ini!

KEGIATAN KELOMPOK 5

Tujuan : Mengetahui dan memahami peredaran darah pada udang kecil dari jenis *Daphnia* (invertebrata)

Alat dan Bahan :

1. Mikroskop
2. Objek glass cekung dan gelas penutup
3. Pipet tetes
4. Air
5. Udang kecil *Daphnia*

Cara Kerja :

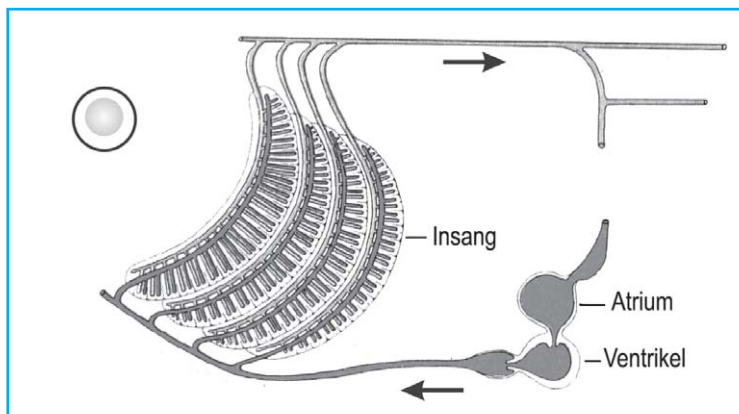
1. Letakkan Daphnia pada objek gelas cekung, kemudian berilah 1 tetes air dan tutuplah dengan gelas penutup.
2. Perhatikan peredaran darahnya, perhatikan pula gerakan jantungnya yang sedang memompa!
3. Gambarlah hasil pengamatan Anda, lalu konsultasikan hasilnya pada guru pengampu!

2. Peredaran Darah Hewan Vertebrata

a. Peredaran Darah pada Ikan

Ikan mempunyai jantung yang terdiri atas dua ruang, yaitu satu serambi dan satu bilik. Jantung tersebut terletak di dekat insang. Peredaran darah yang terjadi adalah peredaran darah tertutup.

Darah dari jantung akan dipompa melewati *aorta ventral* (perut) dan mengalir ke insang. Darah memasuki kapiler-kapiler dalam insang. Di sinilah terjadi pertukaran gas, yaitu CO_2 dilepas dan darah akan mengambil O_2 . Selanjutnya, darah mengalir melewati *aorta dorsal* (punggung) menuju kapiler-kapiler di seluruh tubuh, untuk memberikan O_2 dan sari makanan. Akhirnya darah kembali menuju ke jantung melewati vena. Agar lebih jelas Anda dapat perhatikan skemanya pada Gambar 4.12!



Sumber: Biologi 2, Kimball, 1999

Gambar 4.12 Peredaran darah pada ikan

b. Peredaran Darah pada Amfibi

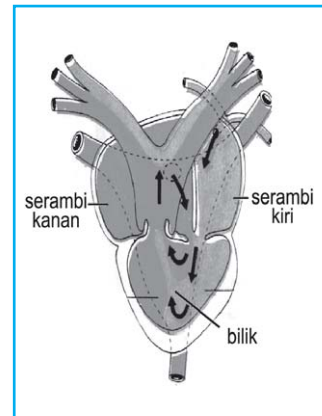
Jantung katak terdiri atas tiga ruang, yaitu satu bilik dan dua serambi, tetapi sebenarnya pada bilik terdapat sekat yang semu, sehingga darah dari serambi kiri dan kanan yang masuk ke bilik tidak dapat bercampur. Perhatikan Gambar 4.13!

Gambar 4.13 menjelaskan jantung pada amfibi, contohnya katak. Anak panah pada gambar menunjukkan aliran darah.

Darah dari seluruh tubuh yang kaya CO_2 masuk melalui vena cava menuju ke serambi kanan. Dari sini darah akan mengalir ke bilik, kemudian darah akan dipompakan meninggalkan jantung menuju aorta yang bercabang-cabang, yaitu arteri pulmonalis yang menuju paru-paru dan arteri kutanea yang menuju kulit.

Di dalam paru-paru dan kulit terjadi pengambilan O_2 . Setelah itu, darah akan mengalir menuju serambi kiri. Dari serambi kiri ini darah dialirkan ke bilik, akhirnya darah dipompakan meninggalkan jantung melewati aorta dan diedarkan ke seluruh tubuh.

Untuk lebih memahami sistem peredaran pada katak, lakukan Kegiatan Kelompok 6 berikut ini!



Sumber: Biologi 2, Kimball, 1999

Gambar 4.13
Jantung pada amfibi

KEGIATAN KELOMPOK 6

Tujuan : Mengetahui dan memahami peredaran darah pada katak

Alat dan Bahan : 1. Mikroskop
2. Objek glass cekung
3. Kecebong

Cara Kerja :

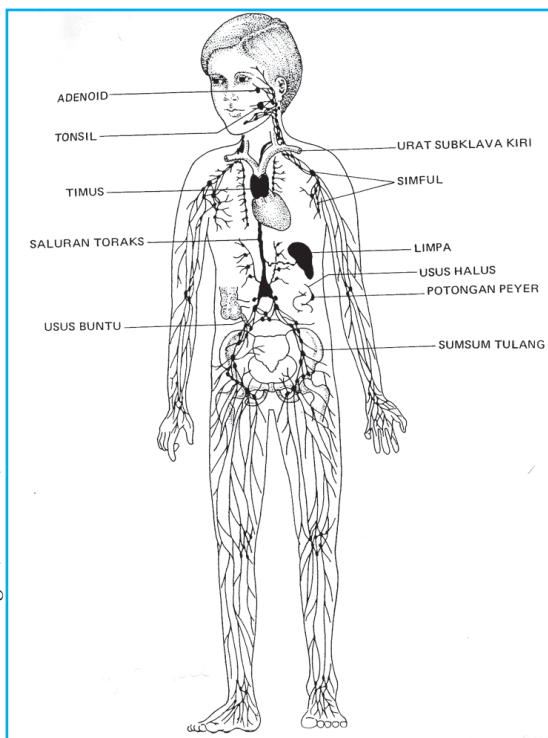
1. Letakkan kecebong pada objek gelas cekung.
2. Amatilah di bawah mikroskop! Perhatikanlah aliran darahnya. Gambarkan hasil pengamatan pada kertas tugas Anda.
3. Presentasikan hasilnya di depan kelas.
4. Mintalah saran atau pendapat dari guru yang bersangkutan!

I SISTEM IMUNITAS TUBUH

Setiap hari kita bernapas, makan, dan minum. Tanpa kita sadari udara yang disekitar kita banyak mengandung kuman-kuman penyakit. Begitu pula dengan makanan dan minuman kita juga bisa terdapat kuman-kuman yang merugikan. Untuk itulah makanan dan minuman perlu dimasak agar dapat membunuh kuman-kuman tersebut. Namun, meskipun demikian pada kenyataannya kita tidak dapat terlepas dari kuman-kuman yang banyak terdapat di lingkungan kita. Kadang-kadang dijumpai orang yang mudah sekali terkena penyakit, namun ada juga yang jarang sekali terkena penyakit. Mengapa demikian? Hal ini disebabkan perbedaan kekebalan yang terdapat pada masing-masing orang.

Kekebalan pada tubuh manusia meliputi sistem limfatik dan sistem kekebalan.

1. Sistem Limfatik



Sumber: Biologi 2, Kimball, 1999

Gambar 4.14 Sistem limfatik

Sistem limfa berfungsi untuk:

- memberikan pertahanan tubuh melawan penyakit.
- mengembalikan cairan yang berlebih dari jaringan tubuh ke dalam darah.
- menyerap lemak yang berada di dalam usus halus untuk diangkut ke dalam darah.

Sistem limfatik terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut.

a. Pembuluh Limfa

Pembuluh limfa berfungsi untuk mengangkut cairan untuk kembali ke peredaran darah. Limfa sebenarnya merupakan cairan plasma darah yang merembes keluar dari pembuluh kapiler di sistem peredaran darah dan kemudian menjadi cairan intersisial ruang antarsel pada jaringan.

Pembuluh limfa dibedakan menjadi:

1) Pembuluh Limfa Kanan (Duktus Limfatikus Dekster)

Pembuluh limfa kanan terbentuk dari cairan limfa yang berasal dari daerah kepala dan leher bagian kanan, dada kanan, lengan kanan, jantung dan paru-paru yang terkumpul dalam pembuluh limfa. Pembuluh limfa kanan bermuara di pembuluh balik (vena) di bawah selangka kanan.

2) Pembuluh Limfa Kiri (Duktus Toraksikus)

Pembuluh limfa kiri disebut juga pembuluh dada. Pembuluh limfa kiri terbentuk dari cairan limfa yang berasal dari kepala dan leher bagian kiri dan dada kiri, lengan kiri, dan tubuh bagian bawah. Pembuluh limfa ini bermuara di vena bagian bawah selangka kiri.

Peredaran limfa merupakan peredaran yang terbuka. Peredaran ini dimulai dari jaringan tubuh dalam bentuk cairan jaringan. Cairan jaringan ini selanjutnya akan masuk ke dalam kapiler limfa. Kemudian kapiler limfa akan bergabung dengan kapiler limfa yang membentuk pembuluh limfa yang lebih besar dan akhirnya bergabung menjadi pembuluh limfa besar yaitu pembuluh limfa kanan dan kiri. Kurang lebih 100 ml cairan limfa akan dialirkan oleh pembuluh limfa menuju vena dan dikembalikan ke dalam darah.

b. Organ-Organ Limfoid

Organ-organ limfoid berperan sebagai tempat hidup sel fagositik. Organ-organ limfoid terdiri atas limpa, nodus limfa, sumsum tulang, timus, dan tonsil.

1) Limpa

Limpa merupakan organ limfoid yang paling besar. Kelenjar yang dihasilkan dari limpa berwarna ungu tua. Limpa terletak di belakang lambung. Fungsi limpa antara lain:

- a) membunuh kuman penyakit;
- b) membentuk sel darah putih (leukosit) dan antibodi;
- c) menghancurkan sel darah merah yang sudah tua.

2) Nodus Limfa

Nodus limfa terbagi menjadi ruangan yang lebih kecil yang disebut nodulus. Nodulus terbagi menjadi ruangan yang lebih kecil lagi yang disebut sinus. Di dalam sinus terdapat limfosit dan makrofag. Fungsi nodus limfa adalah untuk menyaring mikroorganisme yang ada di dalam limfa.

3) Sumsum Tulang

Sumsum tulang merupakan jaringan penghasil limfosit. Sel-sel limfosit yang dihasilkan tersebut akan mengalami perkembangan. Limfosit yang berkembang di dalam sumsum tulang akan menjadi limfosit B. Sedangkan limfosit yang berkembang di dalam kelenjar timus akan menjadi limfosit T. Limfosit-limfosit ini berperan penting untuk melawan penyakit.

4) Timus

Timus memiliki fungsi spesifik, yaitu tempat perkembangan limfosit yang dihasilkan dari sumsum merah untuk menjadi limfosit T. Timus tidak berperan dalam memerangi antigen secara langsung seperti pada organ-organ limfoid yang lain. Untuk memberikan kekebalan pada limfosit T ini, maka timus mensekresikan hormon tipopoietin.

5) Tonsil

Tonsil disebut juga amandel. Tonsil terletak di bagian kiri dan kanan pangkal tenggorokan. Tonsil mensekresikan kelenjar yang banyak mengandung limfosit, sehingga tonsil dapat berfungsi untuk membunuh bibit penyakit dan melawan infeksi pada saluran pernapasan bagian atas dan faring.

2. Sistem Kekebalan

Tubuh selalu kontak dengan lingkungan yang banyak terdapat kuman-kuman. Kuman-kuman dapat masuk melalui udara pernapasan maupun makanan. Dalam hal ini tubuh memiliki sistem kekebalan untuk menghalangi dan bahkan membunuh kuman-kuman tersebut. Agar tidak merugikan tubuh.

Sistem kekebalan pada tubuh dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

a. Kekebalan Bawaan

Kekebalan bawaan merupakan potensi yang terdapat dari dalam tubuh sendiri. Kekebalan ini ada sejak manusia dilahirkan. Kekebalan bawaan meliputi:

1) Perlindungan Permukaan

Apabila ada kuman masuk ke dalam tubuh, ada sistem pertahanan luar pada bagian kulit yang akan menghalangi dan mematikan kuman tersebut sehingga kuman tidak dapat masuk ke dalam tubuh. Apabila kuman masih dapat lolos dan menembus kulit, maka akan dijerat oleh lendir yang dihasilkan oleh bagian membran mukosa. Perlindungan yang diberikan oleh kulit dan membran mukosa, antara lain sebagai berikut.

- a) Kulit selalu mengelupas secara periodik dan menghasilkan minyak yang bersifat asam yang dapat membunuh kuman. Kulit yang utuh merupakan pertahanan terluar untuk mencegah masuknya bibit penyakit ke dalam tubuh. Dalam kulit manusia normal selalu terdapat bakteri *Staphylococcus pyogenes*. Selama kulit tidak mengelupas oleh luka atau lecet maka bakteri ini tidak akan menimbulkan penyakit.
- b) Kelenjar air mata mengeluarkan lisosim yang dapat menghancurkan bibit penyakit yang menempel pada mata.
- c) Keasaman pada vagina dan urin akan menghambat pertumbuhan bibit penyakit tertentu.
- d) Lambung memproduksi asam lambung (HCl) untuk membunuh kuman-kuman yang masuk pada makanan.
- e) Gerakan peristaltik pada usus mendorong bibit penyakit yang ada di dalam usus segera keluar bersama feces.
- f) Gerak rambut getar, pengeluaran lendir pada saluran pernapasan dan refleks batuk dapat mencegah masuknya bibit penyakit dari debu ke dalam paru-paru.

2) Kekebalan dalam Tubuh

Dengan pertahanan pada kulit dan membran mukosa yang sudah dijelaskan pada uraian di atas maka kuman akan mati dan tidak berhasil masuk ke dalam tubuh. Namun, apabila dalam hal ini kuman masih dapat lolos melewati kulit dan membran mukosa maka tubuh memiliki pertahanan yang lain, yaitu kekebalan dari dalam tubuh yang disebut pertahanan nonspesifik. Pertahanan ini dilakukan oleh sel darah putih (leukosit) yang akan mematikan segala jenis mikroba yang masuk ke dalam tubuh. Leukosit memiliki sifat fagositosis, yaitu memakan kuman penyakit yang masuk ke dalam tubuh. Leukosit yang berperan adalah sel PMN (*polymorpho nuclear*), monosit, makrofag, dan limfosit.

b. Kekebalan Adaptif

Kekebalan adaptif dapat disebut juga kekebalan spesifik karena kekebalan ini mampu mengenali dan mengingat patogen spesifik. Pertahanan ini dilakukan oleh antibodi dan antitoksin yang dapat menahan serangan bibit penyakit, baik sel mikronya maupun toksin yang dihasilkan oleh bibit penyakit tersebut. Daya kerja zat anti ini sangat spesifik, misalnya antibodi untuk menahan *Mycobacterium tuberculosis* tidak dapat menahan serangan *Bacillus anthracis*. Antitoksin tetanus juga dapat digunakan untuk mencegah serangan dipteri. Pertahanan spesifik dalam kehidupan sehari-hari disebut sebagai kekebalan tubuh (imunitas).

3. Macam-Macam Kekebalan

Berdasarkan asalnya, kekebalan (imunitas) dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

a. Kekebalan Aktif

Kekebalan aktif merupakan jenis kekebalan yang dapat dibuat oleh tubuh dengan sendirinya karena respon tubuh terhadap suatu antigen (benda asing) yang masuk ke dalam tubuh. Jenis kekebalan ini akan bertahan lama, bahkan dapat bertahan seumur hidup.

Jenis kekebalan ini ada pula yang sengaja dibuat dengan tujuan agar tubuh dapat membuat antibodi untuk melawan dan menghasilkan kekebalan yang baru. Misalnya, dengan memasukkan antigen (benda asing) berupa vaksin ke dalam tubuh. Vaksin ini berupa bibit penyakit atau virus yang sudah dilemahkan.

Percobaan untuk memperoleh kekebalan buatan pernah dilakukan oleh seorang peneliti dari Inggris, yaitu *Edward Jenner* pada abad ke-18. Dia melakukan percobaan dengan mengambil nanah (bibit penyakit) dari penyakit cacar yang diderita oleh seekor sapi. Bibit penyakit itu selanjutnya diberikan pada seorang anak. Ternyata anak tersebut tidak menderita sakit cacar seperti sapi, tetapi justru dapat membuat antibodi terhadap penyakit cacar itu.

Berdasarkan percobaan itu muncul teori bahwa kekebalan aktif bisa dibuat dengan memberikan atau memasukkan antigen yang berupa bibit penyakit yang dilemahkan agar tubuh dapat merespon sehingga akan membentuk kekebalan tertentu.

b. Kekebalan Pasif

Kekebalan pasif berbeda dari kekebalan aktif. Pada kekebalan pasif, tubuh seseorang langsung menerima antibodi yang sudah jadi sehingga tidak perlu membuatnya sendiri. Antibodi ini diperoleh dengan cara menyuntikkan suatu antigen ke dalam tubuh hewan yang sesuai. Hewan itu selanjutnya akan membuat antibodi untuk merespon antigen tersebut. Antibodi yang sudah terbentuk di dalam tubuh hewan tersebut lalu diambil dan dimasukkan ke dalam tubuh seseorang yang memerlukan.

Contoh lain kekebalan pasif yaitu pemberian air susu ibu (ASI) pada anaknya. Pemberian ASI ini selain bertujuan untuk memberikan makanan yang terbaik bagi anaknya juga untuk memberikan kekebalan pada bayinya. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa air susu ibu yang baru menyusui mengandung antibodi yang baik untuk bayi sehingga bayi memiliki kekebalan terhadap penyakit tertentu.

Kekebalan pasif ini sifatnya sementara sehingga dalam jangka waktu tertentu antibodi tersebut akan hilang dari dalam tubuh.

4. Struktur Sistem Kekebalan

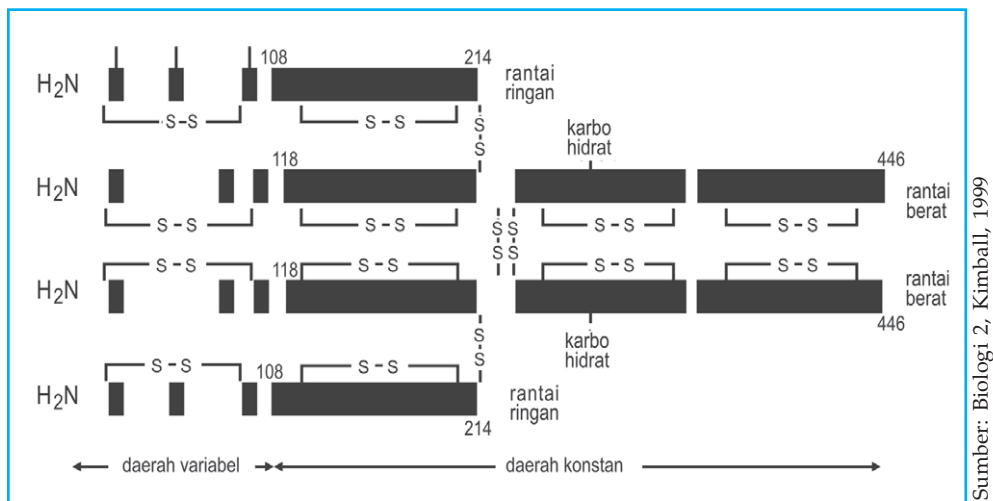
Antibodi merupakan suatu protein yang disintesis dengan mekanisme, yaitu DNA—RNA —polipeptida sehingga informasi antibodi disandi dengan DNA.

Antibodi memiliki struktur protein tertentu. Struktur itu dapat Anda lihat pada Gambar 4.15.

Dari gambar terlihat bahwa molekul antibodi memiliki struktur sebagai berikut.

- Dua rantai panjang polipeptida
Pada rantai panjang ini terdapat 446 asam amino.
- Dua rantai pendek
Pada rantai pendek ini terdapat 214 asam amino yang juga identik.
- Karbohidrat menempel pada rantai panjang.

Di dalam rantai panjang maupun pendek terdapat jembatan S-S, begitu pun antara rantai-rantai tersebut bertautan juga dengan jembatan S-S. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 4.15 berikut ini!



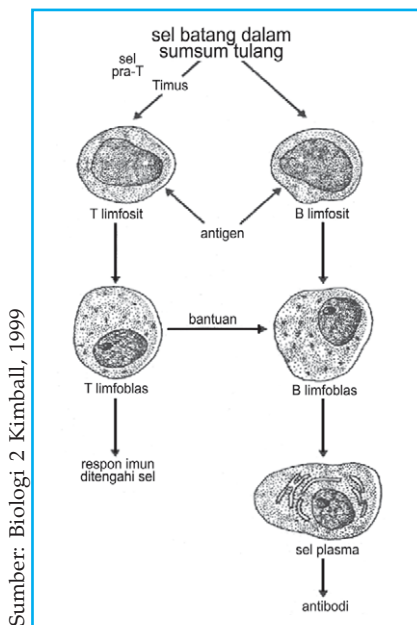
Gambar 4.15 Struktur rantai polipeptida suatu molekul antibodi

Antibodi terlibat langsung dalam menjaga daya tahan tubuh. Sel-sel tersebut ada beberapa macam, yaitu sebagai berikut.

a. Limfosit B dan Limfosit T

Jenis limfosit ada dua, yaitu limfosit T dan limfosit B. Dua macam limfosit ini memiliki fungsi yang berbeda-beda, walaupun jika diamati di bawah mikroskop menunjukkan struktur yang sama.

Sel-sel limfosit T dan B sama-sama dihasilkan oleh sumsum tulang, namun memiliki perbedaan, yaitu bila limfosit T meninggalkan sumsum tulang belakang dan masuk ke dalam aliran darah ke timus dan mengalami pematangan dan diferensiasi sebelum memulai aktivitasnya, tetapi pada limfosit B tidak mengalami pematangan sepenuhnya di sana.



Gambar 4.16
Jalur perkembangan limfosit yang aktif dalam kedua cabang sistem imun

Jalur perkembangannya dapat Anda lihat pada Gambar 4.16 berikut ini!

Limfosit B bertanggung jawab terhadap produksi antibodi, tetapi respon humoral terhadap banyak antigen juga memerlukan bantuan limfosit T.

Sistem imun ini berfungsi untuk membentuk pertahanan terhadap antigen, yaitu benda-benda asing yang masuk ke dalam tubuh.

b. Makrofag

Makrofag merupakan sel pembersih yang akan memakan mikroba dan menyerahkan kepada limfosit untuk dihancurkan melalui proses kekebalan.

c. Monosit

Monosit memiliki peran yang sama seperti makrofag, yaitu memakan mikroba. Monosit juga menghasilkan lisosim yang berfungsi untuk menghancurkan sel mikroba dan makromolekul.

d. Neutrofil

Neutrofil menghasilkan lisosim yang akan menghancurkan sel mikroba. Selain itu juga menghasilkan interferon, yaitu suatu protein yang membantu melindungi sel-sel tubuh yang sehat terhadap serangan virus. Fungsi interferon adalah menghambat perkembangbiakan virus.

e. Fibroblas

Fibroblas juga dapat menghasilkan interferon yang berfungsi untuk menghambat berkembangbiakan virus.

5. Mekanisme Sistem Kekebalan

Antigen yang masuk ke dalam tubuh akan ditangkap oleh kapiler limfa dan dibawa ke simpul limfa. Di dalam limfa, antigen dimakan oleh makrofag. Nah, di sinilah terjadi respon imun humoral.

Antigen yang melekatkan diri pada reseptor limfosit yang sesuai akan menyebabkan limfosit terangsang untuk membelah. Dari sinilah akan berkembang suatu klon sel yang mampu mensintesis antibodi khusus tersebut. Klon dapat memproduksi antibodi bukan karena instruksi, tetapi sebagai akibat dari rangsangan selektif sel-sel yang ada sebelumnya. Inilah yang disebut seleksi klonal.

Antibodi yang dihasilkan oleh tubuh seseorang kira-kira 10⁵ dan 10⁷, namun jumlah ini masih belum jelas. Setiap orang memiliki sistem imun ini, walaupun bayi yang baru dilahirkan sekalipun sudah memiliki sistem ini.

Tubuh kita memiliki pengawasan imun, yang berarti dapat mendeteksi dan mengenali benda asing yang merugikan dan menghancurkannya. Misalnya, pada kasus penyakit tumor. Sel-sel kanker membawa determinan antigenik di permukaannya yang asing bagi inangnya. Contoh agen-agen penyebab kanker yang diketahui, antara lain radiasi, bahan kimia, virus secara luas dialihkan di sekitar kita. Sel kanker dimulai sebagai sel aberan tunggal. Sel aberan dan keturunannya ini dianggap sebagai benda asing sehingga sistem imun dapat mengenali sel-sel ini dan menghancurkannya sebelum sel-sel aberan tersebut tumbuh menjadi sel kanker.

Beberapa mekanisme imun akan menimbulkan alergi. Dalam hal ini limfosit T sangat berperan penting, misalnya reaksi tubuh yang tidak menyenangkan apabila makan makanan tertentu, misalnya tiram atau reaksi terhadap tumbuhan gatal.

6. Usaha Pencegahan terhadap Penyakit

Penyakit dapat datang kapan saja dan di mana saja, karena sebenarnya kuman-kuman penyebab penyakit banyak tersebar di lingkungan sekeliling kita. Ada pepatah, “lebih baik mencegah daripada mengobati”, ini dapat kita terapkan sehingga kita bisa terhindar dari penyakit.

Usaha-usaha pencegahan tersebut antara lain:

a. Vaksinasi

Vaksinasi dilakukan untuk meningkatkan daya kebal tubuh terhadap penyakit tertentu, misalnya pemberian vaksin polio untuk mencegah penyakit polio. Selain itu, juga pemberian vaksin tetanus dan vaksin cacar.

b. Pemberian obat-obatan yang sesuai

Usaha ini mungkin bisa kita lakukan sehingga dapat terhindar dari tertularnya penyakit, misalnya apabila pergi ke tempat atau daerah endemik penyakit malaria, maka sebaiknya sebelumnya minum obat antimalaria agar tidak tertular penyakit malaria.

c. Pengendalian perantara penyakit

Perantara penyakit dapat berupa serangga yang ada di sekitar kita. Untuk menghindari penyebaran penyakit, maka diputuskan jalur kehidupan dari serangga-serangga tersebut. Perantara penyakit, misalnya nyamuk *Anopheles* dapat menjadi perantara penyebab penyakit malaria, nyamuk *Aedes aegypti* membawa virus yang dapat menyebabkan penyakit demam berdarah.

d. Meningkatkan kebersihan lingkungan dan diri sendiri.

Setiap respon kebal memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

a. Kekhususan, artinya hanya melawan salah satu antigen.

b. Pengenalan terhadap benda asing. Sistem kebal akan mengenal benda asing yang sudah pernah dia kenal sebelumnya. Apabila benda asing tersebut masuk, maka akan dicegah.

c. Daya ingatan, dalam jangka waktu tertentu apabila tidak ada serangan antigen asing, maka lama-lama akan hilang daya ingatnya. Akhirnya sistem ini tidak dapat mengenal benda asing yang menyerangnya.

7. Kelainan pada Sistem Kekebalan Tubuh

Manusia hanya bisa hidup dengan sistem imun. Apabila sistem imun bekerja tidak normal atau mengalami gangguan, seseorang akan dapat bertahan hidup bila berada di lingkungan yang steril atau bebas dari kuman penyakit atau diberikan sistem imun dengan suntikan sel-sel sumsum tulang dari donor yang sehat. Kelainan yang terjadi pada sistem kekebalan, antara lain sebagai berikut.

a. Autoimunitas

Autoimunitas merupakan penyakit yang menyebabkan tubuh mengembangkan antibodi pada antigennya sendiri. Macam autoimunitas adalah artritis reumatik, anemia pernisiiosa dan penyakit adison.

b. AIDS (Acquired Immuno Defisiensi Syndrome)

AIDS merupakan penyakit yang disebabkan karena virus HIV (*Human Immunodeficiency virus*). Penyakit ini sampai sekarang merupakan penyakit yang paling ditakuti oleh masyarakat, karena belum ditemukan obatnya.

HIV menyerang pada sistem kekebalan manusia. Apabila seseorang telah terinfeksi HIV, maka daya kebalnya akan turun drastis, dalam jangka waktu tertentu ia akan kehilangan daya tahan. Apabila sudah demikian maka tubuhnya mudah sekali terinfeksi oleh kuman penyakit yang lain.

Masa inkubasi adalah masa masuknya virus sampai virus berkembang biak, sekitar 0-6 bulan. Masa infeksi adalah masa perkembangbiakan virus sampai timbul gejala adalah 2 - 5 tahun.

Gejala yang menyertai penyakit AIDS, antara lain berat badan semakin menurun, sering terkena flu dalam waktu lama, kekebalan tubuh menurun dan akhirnya hilang sama sekali, orang dalam kondisi yang sangat lemah.

Penyakit AIDS dapat menular. Penyebaran virus ini dapat melalui perantara penggunaan jarum suntik, transfusi darah, dan hubungan seksual. Untuk mencegah tertularnya penyakit yang mematikan ini pemerintah banyak memberikan penyuluhan dan monitoring, terutama pada kawula muda untuk menghindarkan diri dari hal-hal yang dapat menjadikan penyebab tertularnya penyakit AIDS.

RANGKUMAN

1. Sistem peredaran darah pada manusia terdiri atas darah, jantung, dan pembuluh darah.
2. Darah manusia terdiri atas sel-sel darah dan plasma darah yang fungsi utamanya adalah sebagai alat transpor (pengangkut).
3. Sel darah terdiri atas sel darah merah (*eritrosit*), sel darah putih (*leukosit*), dan keping-keping darah (*trombosit*).
4. Pembuluh darah terdiri atas pembuluh nadi, pembuluh balik, dan pembuluh kapiler.
5. Peredaran darah pada makhluk hidup terdiri atas peredaran darah terbuka dan tertutup. Peredaran darah terbuka jika selama beredar darah tidak berada di dalam pembuluh darah, sedangkan peredaran darah tertutup terjadi, jika selama beredar darah berada di dalam pembuluh.
6. Peredaran darah pada manusia adalah peredaran ganda, yang terdiri atas peredaran darah besar dan kecil. Peredaran darah besar adalah darah dari jantung dipompa ke seluruh tubuh dan kembali lagi ke jantung. Adapun peredaran darah kecil adalah darah dari jantung dipompa menuju ke paru-paru dan kembali lagi ke jantung.
7. Peredaran darah pada cacing tanah adalah peredaran darah tertutup.
8. Peredaran darah pada insekta (belalang) adalah peredaran darah terbuka.
9. Peredaran darah pada ikan adalah peredaran darah tertutup.
10. Peredaran darah pada amfibi (katak) adalah peredaran darah tertutup.
11. Jantung berfungsi untuk memompa darah.
12. Jantung manusia terdiri atas empat ruang, antara lain dua bilik yaitu bilik kiri, bilik kanan, dan dua serambi, yaitu serambi kiri dan serambi kanan.
13. Jantung cacing tanah berupa lima lengkung aorta.
14. Jantung insekta adalah jantung pembuluh yang berupa gelembung-gelembung yang memiliki lubang-lubang halus.
15. Jantung ikan terdiri atas dua ruang, yaitu satu serambi dan satu bilik.
16. Jantung amfibi terdiri atas tiga ruang, yaitu satu bilik dan dua serambi.

I. Pilihlah jawaban yang benar!

1. Berikut ini fungsi darah:
 - (1) Menghindarkan tubuh dari infeksi
 - (2) Melakukan proses pembekuan darah
 - (3) Menjaga keseimbangan suhu tubuh
 - (4) Mengedarkan O_2 dari paru-paru ke seluruh tubuh
 - (5) Mengangkut sari-sari makanan ke seluruh tubuhFungsi eritrosit ditunjukkan oleh nomor
 - a. 1 dan 3
 - b. 2 dan 3
 - c. 1 dan 2
 - d. 4 dan 5
 - e. 2 dan 4
2. Sel darah putih pada tubuh kita yang mempunyai peranan dalam keadaan alergi adalah
 - a. granulosit
 - b. limfosit
 - c. neutrofil
 - d. basofil
 - e. eosinofil
3. Hemoglobin sebagai senyawa protein penyusun eritrosit mempunyai kemampuan mengikat
 - a. oksigen
 - b. oksigen dan zat lemak
 - c. oksigen dan karbon dioksida
 - d. oksigen dan karbon monoksida
 - e. oksigen, karbon dioksida dan karbon monoksida
4. Komponen darah yang dijumpai di dalam plasma, antara lain
 - a. air, serum, leukosit, dan zat organik
 - b. air, serum, zat organik, dan eritrosit
 - c. air, serum, zat organik, dan zat anorganik
 - d. serum, eritrosit, zat anorganik, dan zat organik
 - e. serum, eritrosit, zat anorganik, dan zat organik

5. Pertanyaan yang benar mengenai sistem peredaran darah terbuka dan tertutup adalah
 - a. sistem peredaran darah terbuka artinya darah beredar ke seluruh bagian tubuh melalui pembuluh darah
 - b. pada sistem peredaran darah terbuka, darah mengalir melalui pembuluh darah ke bagian-bagian tubuh
 - c. pada sistem peredaran darah tertutup darah beredar menyebar ke seluruh tubuh yang tertutup
 - d. sistem peredaran darah terbuka, darah beredar menyebar ke seluruh tubuh tanpa melalui pembuluh darah
 - e. pada sistem peredaran darah terbuka, darah mengalir melalui pembuluh darah
6. Jantung manusia dilapisi oleh lapisan otot
 - a. eksokardium
 - b. endokardium
 - c. perikardium
 - d. miokardium
 - e. epikardium
7. Katup jantung yang memisahkan serambi kiri dengan bilik kiri disebut
 - a. septum apikularis
 - b. foramen ovale
 - c. valvula trikuspidalis
 - d. valvula semilunaris
 - e. valvula bikuspidalis
8. Urutan jalannya darah pada sistem peredaran darah besar pada tubuh kita adalah sebagai berikut.

1. aorta	5. jantung
2. Venula	6. kapiler
3. vena	7. arteriola
4. arteri	

 Urutan yang benar adalah
 - a. 1 -4 -7 -5 -6 -2 -3
 - b. 5 -1 -4 -2 -7 -3 -6
 - c. 5 -1 -4 -7 -6 -2 -3
 - d. 5 -4 -1 -6 -2 -3 -7
 - e. 6 -1 -4 -3 -2 -5
9. Tekanan sistole adalah tekanan yang terjadi pada saat darah
 - a. keluar dari bilik jantung
 - b. masuk ke bilik jantung
 - c. keluar dari jantung
 - d. masuk ke serambi jantung
 - e. keluar dari serambi jantung

10. Seseorang dikatakan bergolongan darah A, bila dalam darahnya mengandung
 - a. aglutinogen B dan aglutinin β
 - b. aglutinogen A dan aglutinin β
 - a. aglutinogen B dan aglutinin α
 - a. aglutinogen A dan aglutinin α
 - a. aglutinogen B dan aglutinin A
11. Limfosit berperan dalam kekebalan tubuh dengan cara
 - a. memakan kuman penyakit atau benda-benda asing yang ada di dalam tubuh
 - b. menghasilkan antibodi yang sesuai dengan antigen yang dilawannya
 - c. menghasilkan zat asam yang dapat menyebabkan terjadinya lisis sel bakteri atau virus
 - d. menghancurkan kuman dan benda asing dengan menggunakan sekret dari lisosom
 - e. menghasilkan enzim yang akan menguraikan kuman dan benda asing yang ada di dalam tubuh
12. Gangguan peredaran darah yang berupa pengerasan pembuluh nadi yang disebabkan karena adanya endapan kapur disebut
 - a. hemofili
 - d. miokarditis
 - b. arteriosklerosis
 - e. embolus
 - c. arteriosklerosis
13. Hewan invertebrata mempunyai alat transpor berupa lima pasang lengkung aorta yang berfungsi sebagai jantung adalah
 - a. serangga
 - d. *hydra*
 - b. cacing
 - e. siput
 - c. *planaria*
14. Pernyataan berikut berhubungan dengan darah serangga:
 1. hanya digunakan untuk mengangkut sari makanan
 2. berwarna merah muda
 3. tidak mengandung hemoglobin
 4. hanya digunakan untuk mengangkut O_2 dan CO_2
 5. untuk mengangkut sari makanan dan udara pernapasan
 Pernyataan yang benar adalah
 - a. 1 dan 2
 - d. 3 dan 4
 - b. 1 dan 3
 - e. 3 dan 5
 - c. 2 dan 4

15. Darah serangga tidak berfungsi mengangkut O_2 sebab O_2 mencapai sel-sel tubuh belalang dengan bantuan
- | | |
|-------------------|---------------------|
| a. pembuluh darah | d. serum darah |
| b. sistem trakea | e. jantung pembuluh |
| c. plasma darah | |

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Organ apa saja yang termasuk dalam sistem peredaran darah?
2. Sebutkan dan jelaskan struktur sel darah pada manusia!
3. Bagaimana urutan proses pembekuan darah?
4. Jelaskan struktur jantung dan cara kerjanya dalam melaksanakan fungsinya sebagai organ pemompa darah!
5. Jelaskan peredaran getah bening (limfa) dalam tubuh manusia!

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Tindakan preventif apa yang perlu dilakukan seseorang yang menderita penyakit hipertensi?
2. Apakah yang dimaksud dengan transfusi darah?
3. Jika seseorang mengalami kecelakaan dan menderita luka terbuka, pertolongan pertama apakah yang seharusnya dilakukan? Jelaskan jawaban Anda disertai alasan yang tepat!
4. Menurut Anda, benarkah slogan "Setetes darah Anda akan menyelamatkan nyawa orang lain". Jelaskan pendapat tersebut sesuai dengan teori yang telah Anda pelajari!
5. Sekarang ini banyak dijumpai orang yang menderita hipertensi. Penyakit ini dapat menyebabkan seseorang terserang stroke. Mengapa hipertensi dapat memicu timbulnya stroke?

ULANGAN BLOK 1

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Dilihat dari strukturnya, bagian terkecil dari tingkatan organisasi pada makhluk hidup adalah
 - a. organisme
 - b. kanalikuli
 - c. organ
 - d. jaringan
 - e. sel
2. Organela yang berfungsi untuk tempat sintesis protein adalah
 - a. ribosom
 - b. badan golgi
 - c. mitokondria
 - d. lisosom
 - e. sentrosom
3. Letak jaringan endodermis yang tepat adalah
 - a. antara silinder pusat dan epidermis
 - b. antara korteks dan silinder pusat
 - c. antara xilem dan floem
 - d. antara floem dan feloderma
 - e. antara parenkim dan epidermis
4. Apabila ditemukan adanya kambium antara xilem dan floem, maka disebut sistem
 - a. konsentris tertutup
 - b. kolateral
 - c. kolateral terbuka
 - d. kolateral tertutup
 - e. konsentris terbuka
5. Dasar utama yang digunakan untuk membedakan jaringan tulang rawan menjadi tiga macam, yaitu tulang rawan hialin, elastis, dan fibrosa adalah
 - a. fungsi tulang
 - b. ada tidaknya rongga tulang
 - c. lokasi tulang
 - d. macam sel tulang rawan
 - e. kandungan matriks
6. Persamaan antara otot rangka dan otot jantung adalah
 - a. letak inti di tengah sarkoplasma
 - b. tersusun atas serabut lurik
 - c. merupakan otot polos
 - d. bekerja di bawah kesadaran
 - e. kontraksinya lambat, tidak cepat lelah

7. Persendian antara tulang lengan dengan gelang bahu disebut sendi
 - a. pelana
 - b. engsel
 - c. peluru
 - d. poros
 - e. putar
8. Otot yang bekerjanya dikendalikan oleh saraf tak sadar adalah otot
 - a. rangka
 - b. rangka dan jantung
 - c. polos dan rangka
 - d. polos dan jantung
 - e. polos, rangka, dan jantung
9. Pada peristiwa pembekuan darah, jika tubuh kekurangan kalsium dan vitamin K maka yang terganggu adalah pembentukan
 - a. trombin dari protrombin
 - b. fibrinogen dari trombokinase
 - c. protrombin dari trombin
 - d. fibrin dari fibrinogen
 - e. trombin dari fibrinogen
10. Miokarditis adalah peradangan yang terjadi pada
 - a. otot jantung
 - b. penutup jantung
 - c. arteri jantung
 - d. lapisan jantung
 - e. vena jantung

II. Jawablah dengan benar!

1. Jelaskan fungsi mitokondria pada sel!
2. Apakah perbedaan antara difusi dan osmosis?
3. Sebutkan tiga jenis jaringan permanen pada batang!
4. Jelaskan tiga perbedaan antara struktur batang dikotil dan monokotil!
5. Sebutkan tiga fungsi jaringan epitel!
6. Sebutkan tiga komponen dasar penyusun jaringan ikat!
7. Sebutkan komponen yang menyusun sistem gerak!
8. Jelaskan kelainan tulang yang terjadi akibat posisi/sikap duduk yang salah!
9. Sebutkan macam-macam sel darah beserta fungsinya masing-masing!
10. Sebutkan dua pembuluh limfa pada tubuh!

BAB

5

SISTEM PENCERNAAN

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari tentang sistem pencernaan dalam tubuh. Dengan mempelajari materi pada bab ini diharapkan Anda dapat memahami keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses serta kelainan yang terjadi pada sistem pencernaan makanan, sehingga dapat mengetahui sistem pencernaan pada manusia. Selain itu, Anda juga diharapkan dapat berusaha menjaga kesehatan pada organ pencernaan serta dapat mencegah gangguan atau penyakit yang mungkin timbul pada organ itu.



Sumber: Foto Haryana

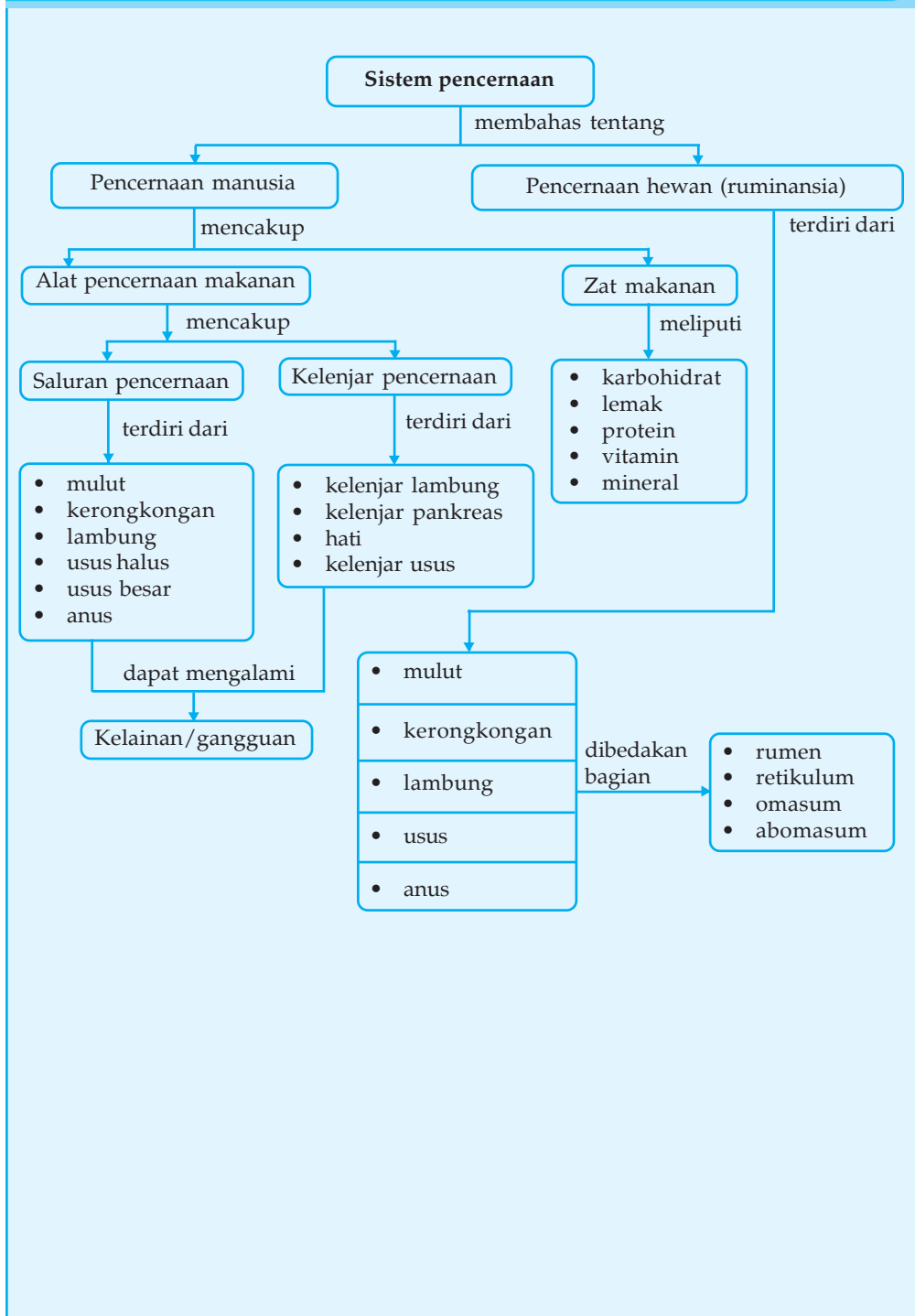
Gambar 5.1 Orang makan

Kata Kunci

- makanan
- karbohidrat
- protein
- lemak
- mineral
- vitamin
- pencernaan
- esofagus
- lambung
- usus

Makanan merupakan zat yang sangat dibutuhkan untuk proses hidup. Tanpa makanan, manusia akan mati. Makanan yang dimasukkan ke dalam tubuh mengalami proses pemecahan secara mekanik dan kimiawi menjadi unsur-unsur yang lebih sederhana. Peristiwanya disebut dengan pencernaan.

PETA KONSEP

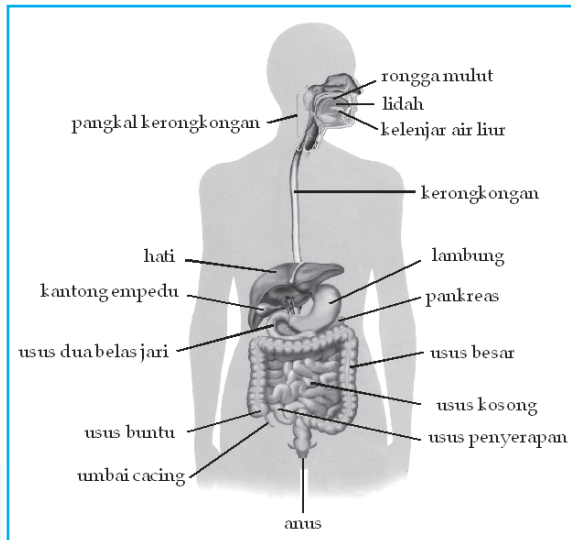


A SISTEM PENCERNAAN MANUSIA

Masih ingatkah Anda, bagaimana sistem pencernaan pada manusia? Coba ingat kembali pelajaran tentang sistem pencernaan yang Anda pelajari di SMP/MTs! Apa saja yang termasuk organ-organ pencernaan dan bagaimana perlakuan makanan di dalam organ-organ tersebut?

Makanan tanpa melalui berbagai macam perlakuan pada proses pencernaan tidak dapat bermanfaat bagi tubuh, karena susunan molekul makanan sangat kompleks sehingga tidak dapat diserap oleh tubuh.

Makanan yang kita makan mendapat perlakuan yang berbeda-beda pada masing-masing organ pencernaan. Organ-organ pencernaan kita dapat Anda perhatikan pada Gambar 5.2!



Gambar 5.2 Sistem pencernaan pada manusia

Sumber: Kamus Visual, 2003

Untuk lebih memahami tentang organ-organ pencernaan, lakukan Kegiatan Kelompok 1!

KEGIATAN KELOMPOK 1

Tujuan : Mengetahui dan memahami berbagai macam organ-organ tubuh yang menyusun sistem pencernaan manusia.

Alat : Model sistem pencernaan manusia

Cara Kerja :

1. Ambillah model sistem pencernaan makanan pada manusia yang berada di laboratorium sekolah Anda.

2. Lakukan pengamatan terhadap organ-organ pencernaan itu bersama kelompok Anda.
3. Catatlah organ-organ pencernaan yang ada pada buku tugas Anda.
4. Perhatikan pula strukturnya, letaknya dalam tubuh, kemudian gambarkan pada buku tugas Anda. Buatlah hasil pengamatan itu dalam bentuk tabel berikut agar lebih jelas.

No.	Gambar	Nama Organ	Bagian-Bagiannya	Fungsi
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

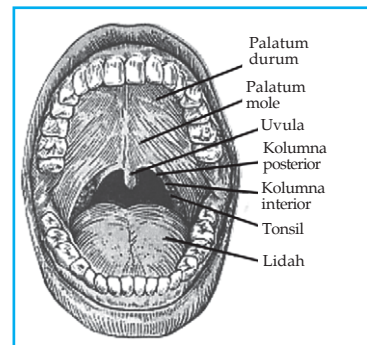
Alat-alat pencernaan manusia terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Saluran pencernaan terdiri dari mulut, tekak, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar dan berakhir pada anus. Sedangkan kelenjar pencernaan terdiri dari kelenjar ludah, kelenjar lambung, kelenjar usus, hati, dan pankreas.

Urutan masing-masing alat pencernaan manusia adalah sebagai berikut.

1. Mulut

Cobalah bercermin dan perhatikan mulut Anda! Sebutkan organ-organ yang terdapat di dalamnya! Masing-masing organ itu memiliki fungsi tersendiri. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 5.3!

Mulut merupakan satu-satunya bagian saluran pencernaan yang berada di luar dan dapat dilihat, sehingga Anda dapat menunjukkan dan mengamatnya secara langsung. Di dalam mulut terdapat gigi, lidah, dan kelenjar ludah. Apa kegunaan masing-masing alat tersebut? Untuk mengetahuinya pelajari materi berikut ini dengan baik!



Sumber: Diagnostik Fisik, 1995

Gambar 5.3
Bagian-bagian dalam mulut

a. Gigi

Gigi merupakan alat pencernaan makanan yang sangat penting karena dapat membantu alat-alat pencernaan dalam yang lain untuk melumatkan makanan. Gigi yang baik dan sehat berwarna putih dan tidak berlubang. Gigi mempunyai peranan antara lain seperti berikut.

1) Estetika

Gigi dapat membentuk wajah kita, sehingga amat berpengaruh dalam menentukan kecantikan dan ketampanan seseorang. Coba Anda perhatikan seseorang yang memiliki gigi seri yang terlalu ke depan. Bagaimana kesan yang Anda dapatkan dari orang tersebut? Gigi yang menjorok ke depan atau disebut protruksi akan membuat kesan muka kurang indah sehingga bisa membuat seseorang minder. Coba Anda lihat juga seorang nenek yang giginya sudah habis karena tanggal semua. Bagaimana wajahnya?

Nah, dari kenyataan inilah kita mengetahui ternyata gigi penting sekali dalam memperindah wajah seseorang dan secara tidak langsung dapat berpengaruh secara psikologis sehingga kadang-kadang seseorang memasang gigi palsu untuk tampil lebih sempurna.

2) Untuk Menghancurkan Makanan

Peranan ini dilakukan oleh macam-macam gigi, antara lain:

- a) gigi seri berfungsi untuk memotong makanan;
- b) gigi taring berfungsi untuk mengoyak makanan;
- c) gigi geraham berfungsi untuk mengunyah makanan.

Dengan fungsi itu menyebabkan enzim pencernaan dapat bekerja dengan baik.

3) Membantu dalam Berbicara

Adanya tekanan gigi seri ke permukaan lidah dapat memperjelas suara yang dihasilkan. Coba perhatikan seorang nenek yang sudah tua dan mengalami ompong gigi, saat berbicara akan menghasilkan suara yang tidak jelas.

Gigi terdiri atas tiga bagian berikut.

a) Mahkota Gigi

Bagian ini merupakan bagian yang dapat terlihat berada di dalam rongga mulut, berfungsi untuk menghancurkan makanan. Untuk masing-masing gigi, yaitu gigi seri, taring, dan geraham memiliki bentuk mahkota yang berbeda-beda. Gigi seri berbentuk persegi seperti pahat, gigi taring berbentuk seperti kerucut dan geraham berbentuk agak silindris, permukaan tengahnya melekuk dan mendatar.

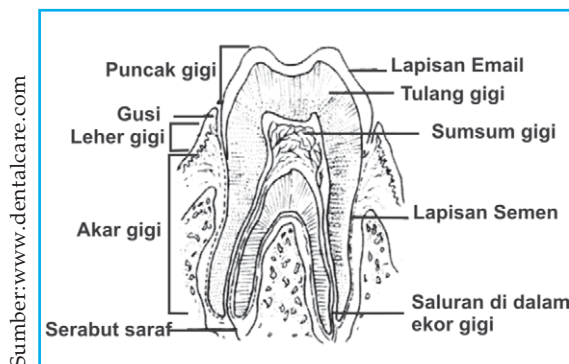
Lapisan paling luar dari mahkota gigi ini disebut *email*, yang berwarna putih dan terdiri atas 98% zat mineral, sehingga bersifat sangat keras. Lapisan email tidak memiliki saraf sehingga tidak terasa sakit walaupun tertekan. Bagian yang lebih dalam dari email adalah tulang gigi atau dentin. Dentin berwarna kuning dan mengandung 70% zat mineral. Lapisan dentin ini juga masih keras, lebih keras daripada tulang manusia, karena tulang hanya mengandung 40% zat mineral. Di bagian lebih dalam dari dentin terdapat rongga gigi yang disebut *pulpa*, yang berisi serabut saraf dan pembuluh darah. Jaringan pulpa inilah yang memberikan kehidupan pada gigi. Bila pulpa mati atau rusak maka gigi juga menjadi mati dan mati rasa. Bagian dentin dan pulpa menghubungkan sampai ke akar gigi.

Seseorang yang giginya berlubang, jika lubang tersebut sampai pada bagian pulpa ini, maka akan merasakan sangat sakit jika terkena rangsangan mekanik dari luar. Adakah gigi Anda yang berlubang?

b) Leher Gigi

Bagian ini merupakan batas antara mahkota gigi dengan akar gigi dan terlindung oleh gusi.

c) Akar Gigi



Gambar 5.4 Bagian-bagian gigi

Bagian ini merupakan bagian gigi yang tertanam di dalam rahang. Pada ujungnya banyak mengandung serabut saraf dan pembuluh darah. Bagian luar dari akar gigi disebut semen atau *sementum*. Di dalam sementum tertanam ujung ribuan serat yang mengikat gigi pada tulang rahang. Serat-serat pengikat ini bersama dengan jaringan ikat lainnya membentuk jaringan *perio-*

dontal. Jaringan ini berfungsi sebagai bantalan gigi sehingga dapat meredam tekanan sewaktu sedang mengunyah. Bagian-bagian gigi ini dapat Anda lihat dan perhatikan pada Gambar 5.4!

Gigi yang pertama kali tumbuh adalah gigi susu atau sulung, umumnya gigi susu muncul saat bayi berusia 6 bulan. Gigi pertama yang muncul biasanya gigi seri terlebih dahulu, kemudian gigi taring, akan muncul pada umur 18 bulan dan terakhir gigi geraham kecil pada usia 24 bulan. Gigi susu ini sifatnya hanya sementara, karena setelah anak besar nanti akan diganti oleh gigi permanen atau dewasa.

Gigi susu berjumlah 20 buah, dengan perincian sebagai berikut.

- 1) Gigi seri atas : 4 buah
Gigi seri bawah : 4 buah
- 2) Gigi taring atas : 2 buah
Gigi taring bawah : 2 buah
- 3) Gigi geraham kecil atas : 4 buah
Gigi geraham kecil bawah : 4 buah

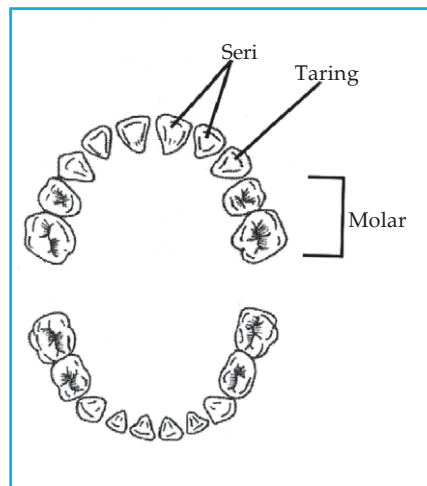
Struktur gigi susu dapat dirumuskan sebagai berikut.

	Geraham		Taring		Seri		Taring		Geraham
Rahang atas	2	:	1	:	2/2	:	1	:	2
Rahang bawah	2	:	1	:	2/2	:	1	:	2

Agar lebih jelas, perhatikan struktur gigi susu pada Gambar 5.5!

Gigi permanen tumbuh juga bertahap. Pada umur 6 tahun tumbuh 4 buah geraham tetap, yang masing-masing terletak di bagian kiri dan kanan rahang atas dan bawah. Pada umur 8 tahun gigi seri permanen menggantikan gigi susu. Pada umur 9 hingga 12 tahun gigi geraham permanen akan tumbuh menggantikan geraham sulung. Pada umur 12 tahun, gigi taring permanen baru tumbuh.

Usia 18 tahun ke atas masih ada gigi yang akan tumbuh gigi geraham ketiga atau disebut dengan gigi bungsu.



Gambar 5.5 Struktur gigi susu

Sumber: Keajaiban-Keajaiban dalam Tubuh Manusia, 2005

Gigi permanen pada orang dewasa berjumlah 32 buah dengan perincian sebagai berikut.

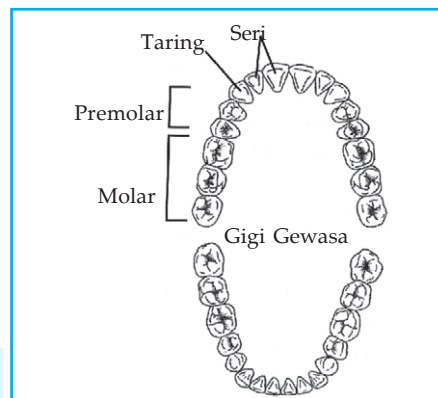
- 1) Gigi seri atas : 4 buah
Gigi seri bawah : 4 buah
- 2) Gigi taring atas : 2 buah
Gigi taring bawah : 2 buah
- 3) Gigi geraham kecil atas : 4 buah
Gigi geraham kecil bawah : 4 buah
- 4) Gigi geraham besar atas : 6 buah
Gigi geraham besar bawah : 6 buah

Struktur gigi permanen dapat dirumuskan sebagai berikut.

	Geraham besar		Geraham kecil		Taring		Seri		Taring		Geraham kecil		Geraham besar
Rahang atas	3	:	2	:	1	:	2/2	:	1	:	2	:	2
Rahang bawah	3	:	2	:	1	:	2/2	:	1	:	2	:	2

Agar lebih jelas, Anda dapat melihat struktur gigi permanen pada Gambar 5.6!

Gambar 5.6 Struktur gigi permanen



Sumber: Keajaiban-Keajaiban dalam Tubuh Manusia, 2005

Gigi dapat mengalami masalah jika tidak dirawat dengan baik, di antaranya gigi berlubang. Coba Anda jelaskan mengapa gigi dapat mengalami gangguan demikian?

Ada beberapa hal yang menyebabkan gigi berlubang, di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. Tidak menggosok gigi setelah makan atau menjelang tidur, sehingga mengakibatkan sisa-sisa makanan di sela-sela gigi akan dicerna oleh bakteri. Sewaktu mencerna makanan tersebut, bakteri menghasilkan limbah berupa asam kuat yang dapat melubangi gigi.

✓ Perlu Diketahui

Dari uji penelitian diketahui ternyata gigi memiliki kekuatan yang luar biasa, di antaranya adalah dapat melubangi aluminium dan batu bata tanpa merusak gigi tersebut. Gigi juga lebih kuat dari peluru baja. Pada pembakaran dengan suhu tertentu peluru baja dapat meleleh, tetapi gigi masih tetap utuh.

Gigi juga memiliki umur yang sangat panjang, pada orang yang sudah meninggal dan terkubur ribuan tahun, bagian tubuhnya sudah hancur berubah menjadi debu tanah, tetapi bagian gigi masih tetap utuh. Hebat sekali bukan?

b. Terlalu banyak makan gula.

Gula merupakan makanan yang paling digemari oleh bakteri pembusuk gigi.

Masalah yang terjadi pada gigi lainnya, adalah *periodontitis*, yaitu peradangan pada jaringan yang mendukung gigi. Ini dapat mengakibatkan gigi tanggal. Penyakit ini juga disebabkan karena bakteri.

Jika Anda melihat iklan pasta gigi, kemungkinan besar yang ditonjolkan adalah kandungan fluorida dalam pasta gigi. Pernahkah Anda berpikir, mengapa demikian? Berdasarkan hasil penelitian ternyata diketahui bahwa fluorida dapat meningkatkan kekuatan gigi sehingga akan mencegah pembusukan gigi.

Nah, kita sudah mengetahui bahwa fluorida sangat penting untuk kesehatan gigi sehingga kita perlu menggunakan pasta gigi yang mengandung fluorida.

b. Lidah

Lidah sebagian besar terdiri atas otot. Pada permukaan atas lidah banyak terdapat ribuan tonjolan kecil yang disebut dengan *papilla*, yang banyak terdapat rangkaian kompleks saraf yang membentuk alat indra pengecap dan peraba. Pada permukaan atas papilla terdapat selaput lendir.

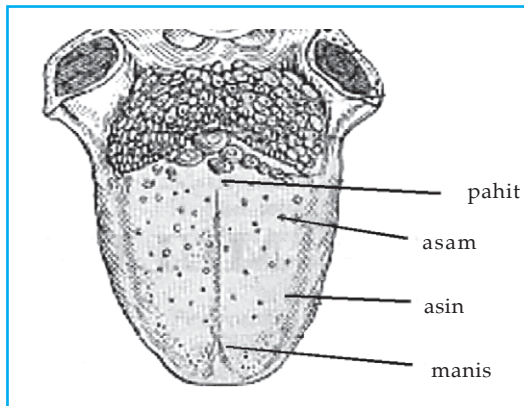
Lidah seseorang berbentuk bulat memanjang. Dalam keadaan tertentu, lidah dapat dijulurkan memanjang. Lidah memiliki peranan seperti berikut.

✓ Perlu Diketahui

Lidah dapat dikatakan sebagai cermin kesehatan. Mengapa demikian? Pada umumnya dokter akan memeriksa lidah pasien yang sakit. Penyakit-penyakit tertentu akan dapat mengubah warna lidah.

1) Merasakan Makanan

Cobalah bercermin dan perhatikan permukaan lidah Anda! Pada permukaan lidah terdapat papilla-papilla yang berfungsi untuk mengenali empat rasa dari suatu makanan dan setiap rasa memiliki daerah sendiri. Daerah tersebut antara lain terlihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7
Daerah perasa lidah

- a) ujung lidah merasakan manis;
- b) bagian pangkal belakang merasakan pahit;
- c) bagian samping depan merasakan asin;
- d) bagian samping belakang merasakan asam.

2) Membantu Mengunyah Makanan

✓ Perlu Diketahui

Pada tahun 1847 di India ditemukan sebuah tanaman yaitu *Gymnema sylvestra* yang apabila dimakan bagian daunnya, maka seseorang tidak akan dapat merasakan rasa manis. Tahun 1947 di Afrika Barat juga ditemukan sebuah tanaman yang apabila setelah dimakan buahnya akan memberikan rasa manis meskipun makan buah asam.

Lidah seolah seperti pesilat yang mahir yang dapat membolak-balikkan makanan sehingga mudah dikunyah. Coba Anda perhatikan gerakan tersebut ketika melakukan fungsi ini.

Dengan lincah lidah dapat bergerak tanpa terjepit oleh gigi-gigi di dalam mulut.

Gerakan lidah yang dapat membalik makanan ini bisa membantu melumatkan makanan. Lidah juga dapat menempatkan makanan pada gigi sehingga mudah dikunyah.

3) Membantu dalam Menelan Makanan

Coba Anda cermati bagaimana gerakan lidah Anda sewaktu menelan! Dapatkah Anda menelan tanpa menggunakan bantuan dari lidah?

Jika kita cermati, gerakan lidah saat menelan, yaitu bagian depan lidah akan menekan langit-langit mulut dan diikuti bagian yang lebih belakang. Akibat gerakan lidah ini, maka akan dapat mendorong makanan terdorong ke dalam lambung. Lidah dapat mendorong makanan sehingga makanan akan terlempar ke dalam kerongkongan.

4) Membantu dalam Berbicara

Untuk membuktikan fungsi lidah ini, Anda dapat melakukan percobaan, yaitu mengucapkan kata-kata sambil menjulurkan lidah ke luar mulut sambil dijepit dengan jari tangan. Bagaimana suara yang Anda hasilkan? Jelaskan suara tersebut?

Tekanan yang diberikan antara gigi dengan lidah dapat memperjelas suara yang dihasilkan.

c. Kelenjar Ludah

Apa yang Anda rasakan ketika melihat makanan yang lezat atau suatu saat membayangkan rasa buah atau minuman kegemaran Anda? Walaupun Anda tidak memakannya, namun kadang-kadang dari mulut kita dapat mengeluarkan air ludah. Hal seperti ini seringkali kita alami. Di dalam rongga mulut terdapat kelenjar ludah yang berfungsi menghasilkan air ludah. Jika melihat makanan yang lezat, maka ada rangsangan di otak kita dan impuls itu dikirim ke saraf di sekitar kelenjar ludah, sehingga kelenjar ludah akan mensekresikan ludah untuk membasahi mulut. Komponen ludah terdiri atas 98% air dan 2% lendir, garam, dan enzim ptialin.

Dalam mulut kita terdapat tiga kelenjar ludah.

- 1) Sepasang kelenjar *parotis* yang terletak di bawah daun telinga di antara otot pengunyah dengan kulit pipi. Cairan ludah hasil sekresinya dikeluarkan melalui duktus stensen ke dalam rongga mulut melalui satu lubang di hadapan gigi molar (geraham) ke dua atas.
- 2) Sepasang kelenjar *submandibularis* yang terletak lebih ke belakang dan ke samping dari kelenjar sublingualis. Salurannya (*duktus wharton*) menuju ke lantai rongga mulut di belakang gigi seri pertama.
- 3) Sepasang kelenjar *sublingualis* yang terletak di bawah lidah, salurannya (*duktus rinivus*) menuju lantai rongga mulut.

Ketiga kelenjar tersebut berfungsi untuk menghasilkan air ludah, yang berfungsi untuk:

- 1) membantu memudahkan pencernaan;
- 2) mengubah amilum menjadi maltosa, yaitu enzim ptialin;
- 3) melindungi pengaruh asam dan basa;
- 4) melindungi pengaruh panas dan dingin.

Banyaknya ludah yang disekresikan oleh kelenjar ludah kurang lebih 2 liter setiap hari dan mengandung pH antara 6,5 – 6,8.

Dengan adanya alat-alat yang berada di mulut kita, maka makanan yang masuk akan mengalami perlakuan secara mekanik dan kimia. Perlakuan mekanik dilakukan oleh gigi. Coba ingat kembali fungsi gigi.

Setelah makanan hancur oleh gigi, selanjutnya makanan mengalami perlakuan secara kimiawi, yaitu adanya kandungan air dalam ludah yang dapat bereaksi dengan molekul-molekul zat makanan dan menghasilkan molekul-molekul yang lebih kecil.

Adanya enzim ptialin dapat mengubah amilum menjadi maltosa dan glukosa. Coba kunyahlah nasi beberapa saat, setelah beberapa lama nasi akan terasa manis. Hal ini disebabkan karena amilum dalam nasi diubah menjadi maltosa, yaitu sejenis gula yang rasanya manis. Jadi, pencernaan kimiawi amilum dimulai dari mulut. Di dalam mulut, makanan mengalami dua perlakuan, yaitu sebagai berikut.

- a. Pencernaan secara mekanik, yaitu pengunyahan dengan gigi, pergerakan otot-otot lidah dan pipi untuk mencampur makanan dengan air ludah sehingga terbentuklah suatu bolus untuk ditelan.
- b. Pencernaan secara kimiawi, yaitu pemecahan zat pati (amilum) oleh ptialin menjadi maltosa. Suatu bukti ialah bila kita mengunyah nasi (zat pati), lama kelamaan akan terasa sedikit manis. Ptialin bekerja di rongga mulut dengan pH 6,3 - 6,8.

2. Kerongkongan (Esófagus)

Setelah makanan diperlakukan secara mekanik dan kimiawi di dalam mulut, selanjutnya makanan akan didorong oleh lidah menuju saluran kerongkongan, yang panjangnya kurang lebih 20 cm dan lebar 2 cm. Di dalam kerongkongan ini makanan hanya lewat selama kurang lebih 6 detik. Setelah itu makanan akan didorong ke dalam lambung.

Dinding kerongkongan terdiri dari empat lapisan. Lapisan mukosa yang terletak di bagian dalam dibentuk oleh epitel berlapis (pipih) yang diteruskan ke faring di bagian atas dan mengalami perubahan yang menyolok pada perbatasan kerongkongan-lambung, menjadi epitel selapis toraks pada lambung. Mukosa kerongkongan dalam keadaan normal bersifat alkali (basa) dan tidak tahan terhadap isi lambung yang sangat asam.

Lapisan submukosa mengandung sel-sel sekretori yang menghasilkan mukus. Mukus mempermudah jalannya makanan waktu menelan dan melindungi mukosa dari "cedera" akibat zat kimia. Lapisan otot di luar tersusun longitudinal dan di dalam tersusun sirkular. Sepertiga atas kerongkongan adalah otot rangka. Sedangkan sepertiga bawah adalah otot polos. Daerah peralihan terdapat di tengah dan mengandung otot rangka dan otot polos.

Susunan otot-otot yang demikian menyebabkan kerongkongan dapat melakukan gerakan otomatis kembang Kempis. Gerakan ini disebut gerak *peristaltik* yang menyebabkan makanan dapat bergerak menuju lambung. Lapisan luar kerongkongan tidak seperti saluran cerna lainnya tidak terdiri atas serosa tetapi jaringan fibrosa yang menebal.

Persarafan utama kerongkongan dilakukan oleh serabut-serabut simpatis dan parasimpatis dibawa oleh *nervus vagus* yang dianggap merupakan saraf motorik kerongkongan.

Makanan bisa mencapai lambung bukan karena lambung terletak di bawah kerongkongan, melainkan akibat gerak peristaltik dinding otot kerongkongan. Untuk membuktikannya, cobalah Anda melakukan percobaan, yaitu menelan makanan dengan posisi kepala berada di bawah atau posisi badan dan kepala terjungkir atau terbalik di bawah. Ke manakah arah makanan yang Anda telan? Menuju ke mulut ataukah ke lambung?

3. Lambung (Ventrikulus)

Makanan dari kerongkongan terdorong ke dalam lambung, akibat gerakan peristaltik seperti yang sudah dijelaskan di atas. Lambung diibaratkan seperti lumbung yang bertugas untuk menyimpan makanan yang telah ditelan untuk sementara waktu.

Lambung berukuran sekepal tangan dan terletak di dalam rongga perut sebelah kiri, di bawah sekat rongga badan.

Dinding lambung sifatnya lentur, dapat mengembang apabila berisi makanan dan mengempis apabila kosong. Muatan di dalam lambung dapat menampung hingga 1,5 liter makanan. Dinding lambung tersebut berwarna merah muda dan mengkilap.

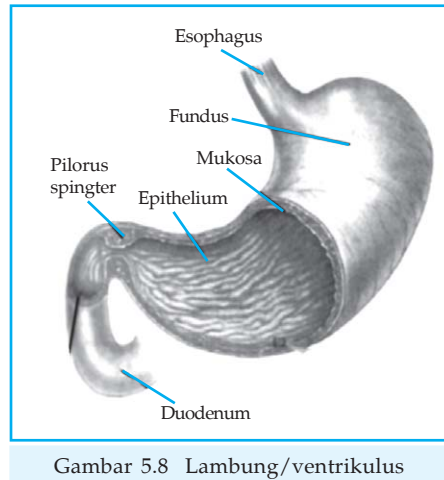
Otot penyusun lambung terdiri atas otot memanjang yang terletak di bagian luar, otot melingkar yang terletak di bagian tengah, dan otot miring yang terletak di bagian dalam. Pada bagian atas terdapat otot lingkaran yang disebut *sfinkter kardial* yang tetap menutup kecuali bila ada makanan yang mendekatinya. Di dekat pilorus terdapat sfinkter yang disebut *sfinkter pilori*. Otot ini merupakan otot-otot polos, sehingga bekerja tanpa disadari. Otot-otot lambung bekerja dengan cara berkontraksi sehingga dapat menekan dan memeras makanan dalam lambung dan mencampurnya dengan getah pencernaan dalam lambung.

Lambung terdiri atas tiga bagian berikut.

- a. *Kardiaks*, merupakan bagian atas sebagai pintu masuk makanan dari kerongkongan.
- b. *Fundus*, adalah bagian tengah lambung, tempat makanan ditampung dan mengalami perlakuan kimiawi.

- c. *Pylorus*, merupakan bagian bawah lambung sebagai pintu keluar makanan dan berhubungan langsung dengan usus dua belas jari. Pylorus ini bekerja atas pengaruh pH makanan. Apabila pH makanan asam, maka otot-otot pylorus mengendor sehingga menyebabkan pintu pylorus terbuka dan sebaliknya jika makanan basa, maka otot-otot pylorus akan berkontraksi yang menyebabkan pintu pylorus menutup.

Agar lebih jelas, lihatlah Gambar 5.8!



Sumber: Biology, Reaven Johnson, 2003.

Waktu mencerna berbeda-beda untuk setiap makanan atau minuman. Makanan yang padat akan membutuhkan waktu yang lebih lama daripada zat cair (minuman) sehingga menurut ilmu kesehatan dianjurkan mengunyah makanan 32 kali agar makanan menjadi lebih lembut, sehingga akan meringankan beban lambung untuk melumatkan makanan tersebut. Semakin lumat makanan yang masuk lambung, maka semakin cepat melintasi lambung. Jenis makanan lemak dan sayuran hijau akan lebih lama berada di dalam lambung sehingga orang akan merasa kenyang lebih lama.

Makanan yang masuk pada lambung bertahan selama 2-5 jam. Makanan dalam lambung mengalami serangkaian proses kimiawi oleh getah lambung, sekitar 1 – 2 liter yang dihasilkan oleh 35 juta kelenjar, antara lain HCl, enzim pepsin, enzim renin, lipase, mukus (lendir), dan faktor intrinsik.

Enzim pepsin akan memecah molekul protein menjadi peptida, enzim renin akan mencerna protein susu menjadi kasein, sedangkan enzim lipase akan mengemulsikan lemak dalam makanan. Jadi, perlakuan kimiawi protein pertama kali dilakukan di dalam lambung.

Selain mendapat perlakuan kimiawi, makanan oleh enzim-enzim tersebut juga ada HCl yang membantu dalam proses-proses pencernaan. Fungsi HCl, antara lain:

- membunuh kuman pada makanan yang dimakan;
- mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin;
- mempercepat reaksi antara air, protein, dan pepsin;
- mengendorkan pylorus, karena HCl bersifat asam dengan pH kurang lebih 1-3, ingat kembali sistem kerja pylorus yang sudah dijelaskan di atas!

Mukus (lendir) berfungsi sebagai lapisan pelindung yang dapat melindungi lambung dari asam lambung. Sedangkan faktor intrinsik berfungsi untuk menghasilkan vitamin B₁₂ yang diperlukan untuk membentuk

sel-sel darah dan membantu saraf berfungsi dengan baik. Dengan adanya faktor intrinsik ini pula, maka vitamin B₁₂ di dalam lambung dilindungi dari asam lambung sehingga tidak rusak. Khim ini bersifat asam, dan menjadi netral ketika masuk ke dalam usus 12 jari, karena dinetralkan oleh getah basa yang dihasilkan kelenjar pankreas yang terdapat di dalam usus dua belas jari.

Setelah mendapatkan perlakuan tersebut, makanan kemudian bercampur dengan getah lambung membentuk *khim* seperti bubur yang lembut. Kemudian *khim* sedikit demi sedikit dikeluarkan menuju usus dua belas jari. Otot pilorus berelaksasi karena rangsangan asam dari makanan tiba di pilorus depan, menyebabkan pintu pilorus terbuka sehingga makanan keluar menuju usus dua belas jari. Apabila makanan asam menyentuh pilorus bagian belakang, maka pilorus akan menutup kembali. Demikianlah prosesnya.

Setelah makanan sampai di usus dua belas jari, maka makanan yang sifatnya asam akan merangsang usus dua belas jari mensekresikan hormon sekretin yang dapat memacu pankreas mengeluarkan getah pankreas yang bersifat basa sehingga mengakibatkan pilorus menutup. Lambung yang dijelaskan di atas dapat juga bermasalah di antaranya adalah penyakit maag dan kanker lambung. Penyakit maag ini dapat timbul karena kelebihan HCl. Produksi HCl ini dapat dipicu oleh makanan dan minuman, misalnya makanan pedas, alkohol, kopi, dan nikotin. Selain itu, juga dapat dipicu oleh tekanan pikiran (stress). Asam lambung yang berlebihan ini dapat mengikis dinding lambung, gejala penyakit ini biasanya nyeri di bagian dada. Fungsi lambung dapat diringkas sebagai berikut.

Tabel 5.1 Fungsi Lambung

Fungsi Motoris	Fungsi Sekresi dan Pencernaan
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fungsi reservoir. Menyimpan makanan sampai makanan tersebut sedikit demi sedikit dicerna dan bergerak pada saluran cerna. 2. Fungsi mencampur memecahkan makanan menjadi partikel-partikel kecil dan mencampurnya getah lambung melalui kontraksi otot yang meliputinya. 3. Fungsi pengosongan lambung. Diatur oleh pembukaan sfinkter pilorus, yang dipengaruhi oleh viskositas, volume, keasaman, dan kerja. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mencernakan protein oleh pepsin dan HCl. 2. Sintesis dan pengeluaran gastrin dipengaruhi oleh asupan protein, peregangan autrum, dan alkalinisasi autrum. 3. Sekresi faktor intrinsik memungkinkan absorpsi vitamin B12 dari usus halus bagian distal. 4. Sekresi mukus, yang membentuk selubung pelindung bagi lambung serta memberi pelumasan pada makanan agar mudah ditranspor.

4. Hati

Hati terletak di sebelah kanan atas rongga perut di bawah diafragma. Beratnya kira-kira 1,5 kg atau 2,5% berat badan pada orang dewasa normal. Hati dibagi menjadi dua bagian oleh ligamen falsiformis, yaitu bagian lobus kanan dan lobus kiri. Pada lobus kanan terdapat juga lobus kaudatus dan lobus kuadratus.

Hati disuplai oleh dua pembuluh darah, yaitu:

- a. Vena porta hepatica yang berasal dari lambung dan usus. Pada vena porta hepatica ini mengandung darah yang miskin oksigen tetapi kaya akan nutrisi seperti asam amino, monosakarida, vitamin yang larut dalam air dan mineral.
- b. Arteri hepatica, cabang dari arteri kiliaka yang kaya akan oksigen.

Hati memiliki fungsi, antara lain:

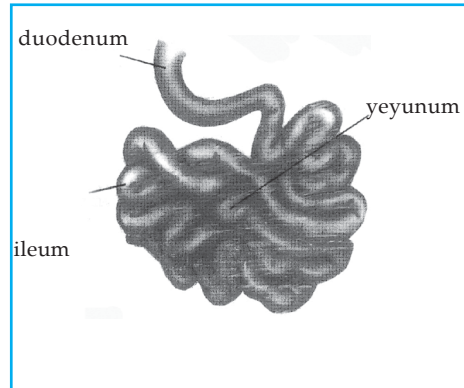
- a. Memproduksi cairan empedu, yang digunakan untuk mengemulsikan lemak.
- b. Pusat metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat. Bergantung kepada keperluan tubuh, ketiganya dapat saling dibentuk.
- c. Merupakan gudang penyimpanan berbagai zat seperti mineral (Cu, Fe), vitamin A, D, E, K, B12, glikogen, dan berbagai racun yang tidak dapat dikeluarkan dari tubuh, misalnya pestisida DDT.
- d. Pusat detoksifikasi zat yang beracun di dalam tubuh. Contoh NH_3^+ yang beracun diubah menjadi urea yang relatif tidak beracun pada Daur Krebs-Urea di dalam sel hati.
- e. Memproduksi protein plasma (albumin, fibrinogen, protrombin, heparin).
- f. Fagositosis mikroorganisme dan eritrosit dan leukosit yang sudah tua atau rusak.

Hati memegang peranan penting pada metabolisme tiga bahan makanan yang dikirimkan oleh vena porta setelah diabsorpsi dari usus. Bahan makanan tersebut adalah karbohidrat, protein dan lemak. Monosakarida dari usus halus diubah menjadi glikogen dan disimpan dalam hati (glikogenesis). Dari depot glikogen, disuplai glukosa secara konstan ke darah (glikogenolisis) untuk memenuhi kebutuhan tubuh. Sebagian glukosa di metabolisme dalam jaringan untuk menghasilkan panas dan disimpan dalam otot atau menjadi lemak dan disimpan dalam jaringan subkutan.

Hati juga mampu mensintesis glukosa dari protein dan lemak (glukoneogenesis). Peranan hati pada metabolisme protein penting untuk hidup. Protein plasma, kecuali gamma globulin, disintesis oleh hati.

5. Usus Halus

Saluran pencernaan makanan yang paling panjang dengan panjang kurang lebih 6,5 meter dan lebar kurang lebih 25 milimeter adalah usus halus. Permukaan dindingnya berjonjot sehingga terlihat seperti lekukan-lekukan. Hal inilah yang menyebabkan permukaannya menjadi luas. Pencernaan di dalam usus halus berlangsung secara kimiawi atau enzimatis. Usus halus terletak di atas pinggang dan meliputi 3 bagian. Bagian tersebut dapat Anda lihat pada Gambar 5.9. Dari gambar dapat kita lihat bahwa bagian-bagian usus halus seperti berikut.



Gambar 5.9
Usus halus dan bagian-bagiannya

Sumber: Biologi 2 SMA, HT. Transvisi

a. Usus Dua Belas Jari (*Duodenum*)

Usus dua belas jari berukuran panjang kurang lebih 25 sentimeter. Makanan dari lambung bersifat asam, kemudian masuk ke usus dua belas jari. Sifat asam ini akan merangsang dinding usus untuk mensekresikan hormon-hormon berikut.

- 1) Hormon *sekretin* yang berfungsi untuk merangsang getah pankreas yang terdiri atas enzim-enzim berikut.
 - a) *Tripsin*, berfungsi menyederhanakan protein dan pepton.
 - b) *Amilase*, berfungsi mengubah zat tepung menjadi maltosa.
 - c) *Lipase*, berfungsi menghidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol.

Getah pankreas mengandung NaHCO_3 yang menyebabkan makanan bersifat basa. Selain itu, getah pankreas mengeluarkan hormon insulin yang berfungsi menjaga kadar gula darah agar tetap normal.

- 2) Hormon *kolesistokinin* yang berfungsi untuk merangsang empedu. Getah empedu dibuat di dalam hati dan disimpan di dalam kantong empedu. Getah empedu mengandung zat warna empedu yang disebut dengan bilirubin dan garam empedu, yaitu natrium glukolat. Getah empedu berfungsi antara lain seperti berikut.

- a) Mengemulsikan lemak.

Hasil emulsi ini adalah gliserol dan asam lemak. Lemak hanya bisa dicerna apabila sudah bercampur dan bereaksi dengan getah empedu terlebih dahulu.

- b) Mempengaruhi penyerapan vitamin K.



Kesimpulan

Perlakuan makanan dalam saluran pencernaan, antara lain:

- Mulut : perlakuan terhadap amilum.
- Lambung : perlakuan terhadap amilun dan protein.
- Usus halus : perlakuan terhadap amilum, protein, dan lemak.

b. Usus Kosong (*Jejunum*)

Disebut usus kosong karena pada orang yang sudah meninggal, usus ini tidak ada isinya atau kosong. Dinding usus ini mempunyai kelenjar *liberkuhn* yang dapat mengeluarkan getah usus, antara lain sebagai berikut.

- 1) *Erepsinogen* yang kemudian diaktifkan oleh enterokinase menjadi erepsin yang berfungsi untuk mengubah dipeptida menjadi asam amino.
- 2) *Maltase* yang berfungsi untuk mengubah maltosa menjadi glukosa.
- 3) *Sakarase* yang berfungsi untuk mengubah sakarosa menjadi glukosa dan fruktosa.
- 4) *Laktase* yang berfungsi untuk laktosa menjadi glukosa dan galaktosa.
- 5) *Lipase* yang berfungsi untuk mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol.

Makanan yang masuk ke dalam usus ini mendapat perlakuan dari getah-getah usus seperti di atas. Pada usus kosong ini lengkap sudah perlakuan terhadap makanan. Pemecahan amilum, protein, dan lemak sehingga menghasilkan komponen-komponen yang paling kecil.

Dari usus dua belas jari dan usus kosong, makanan dicernakan dalam bentuk yang paling halus, antara lain:

- 1) protein menjadi asam amino;
- 2) karbohidrat menjadi monosakarida;
- 3) lemak menjadi asam lemak dan gliserol.

Komponen makanan yang halus tersebut akan didorong masuk ke dalam usus penyerapan (ileum). Selanjutnya, akan ada perlakuan terhadap komponen-komponen tersebut di dalam usus penyerapan/ileum.

c. Usus Penyerapan (*Ileum*)

1) Struktur Usus Penyerapan

a) Dinding Usus Halus

Dinding usus halus tersusun dari 4 bagian, yaitu:

(1) Dinding lapisan luar

Dinding lapisan luar usus halus berupa membran serosa, yaitu lapisan yang membalut usus dengan erat.

(2) Dinding lapisan berotot

Dinding lapisan berotot terdiri atas dua lapisan serabut. Lapisan luar terdiri atas serabut longitudinal dan di bawahnya ada lapisan tebal terdiri atas serabut sirkuler. Di antara kedua lapisan serabut berotot ini terdapat pembuluh darah dan pembuluh limfa.

(3) Dinding submukosa

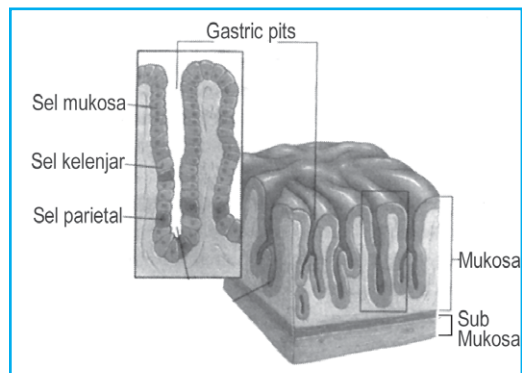
Dinding submukosa terdapat otot sirkuler dan lapisan yang terdalam yang merupakan perbatasannya. Dinding submukosa ini terdiri atas jaringan areolar yang berisi banyak pembuluh darah, saluran limfa, dan fleksus saraf yang disebut fleksus Meissner.

(4) Dinding mukosa dalam

Dinding mukosa dalam disusun berupa kerutan tetap seperti jala yang memberi kesan anyaman halus. Lapisan ini menambah luasnya permukaan sekresi dan penyerapan. Lapisan mukosa ini berisi banyak lipatan lieberkuhn yang merupakan kelenjar sederhana yang diselaputi epitelium silindris.

Pada permukaan villi terdapat tonjolan-tonjolan yang disebut dengan mikrovilus. Terdapat kurang lebih 5000 mikrovilus yang menutupi pada villi.

Di dalam usus ini terdapat jonjot-jonjot usus yang disebut dengan *villi* usus. Adanya villi usus ini menyebabkan permukaan usus menjadi luas yang dapat mengoptimalkan penyerapan makanan. Struktur ileum dapat Anda perhatikan pada Gambar 5.10!



Sumber: Biologi. Campbell, 2003.

Gambar 5.10 Villi pada usus penyerapan

b) Getah Usus Halus

Getah usus disekresikan oleh sel usus, setiap harinya ± 2000 cc. Getah usus berwarna kuning jernih dan memiliki pH 7,6. Enzim-enzim yang terdapat dalam getah usus antara lain enzim maltase, peptidase, sukrase, enterokinase, dan ribonuklease. Sekresi getah usus ini dikendalikan oleh refleksi saraf otonom, hormon kolesitokinin dan sekretin.

Di dalam usus halus dihasilkan getah yang menyempurnakan pencernaan semua makanan. Getah-getah tersebut, antara lain:

- (1) Erepsin yang digunakan untuk menyempurnakan pencernaan protein yang telah diubah, yaitu polipeptida dijadikan sebagai asam amino.
- (2) Enterokinase untuk menggiatkan enzim proteolitik yang berasal dari getah pankreas.
- (3) Maltase untuk mengubah maltosa menjadi dekstrose.
- (4) Laktase untuk mengubah laktosa menjadi glukosa dan mengubah galaktosa menjadi glukosa di dalam hati.
- (5) Intertase bekerja atas gula.

2) Fungsi Usus Penyerapan

Di dalam usus ini, makanan tidak dilakukan pemecahan lagi, melainkan diserap oleh dinding usus masuk peredaran darah yang kemudian dapat digunakan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tubuh.

Glukosa diserap oleh dinding usus masuk ke darah. Di dalam darah glukosa diubah ke dalam bentuk glikogen oleh hormon insulin yang kemudian disimpan di dalam otot dan hati. Apabila tubuh kembali membutuhkan glukosa, maka glikogen dapat diubah kembali oleh hormon adrenalin menjadi glukosa lagi.

Protein diserap oleh dinding usus dalam bentuk asam amino, yang kemudian menuju darah dan diedarkan ke seluruh tubuh. Di dalam hati, asam amino ini dipecah dan menghasilkan amoniak yang kemudian bereaksi dengan asam amino ornithin dan CO_2 membentuk *asam amino sitrulin*. Selanjutnya, bereaksi dengan amoniak membentuk arginin dan terakhir akan diubah menjadi *asam amino arnithin* dan ureum. Ureum ini merupakan zat sisa yang harus dibuang lewat urine.

Lemak diserap oleh usus dalam bentuk asam lemak dan gliserol. Gliserol akan terserap langsung, tetapi asam lemak masih bereaksi dengan garam empedu dan garam karbonat.

5. Usus Besar

Usus besar berisi kuman dengan jumlah mencapai triliunan. Mikroba ini berfungsi dalam proses pembusukan. Ada beberapa bakteri yang dapat menghasilkan vitamin B dan K.

Kegiatan bakteri-bakteri ini dalam mencerna sisa-sisa protein dapat menghasilkan bau busuk yang keluar dalam bentuk gas dari dubur. Gas yang dihasilkan dapat mencapai 2 liter setiap hari.

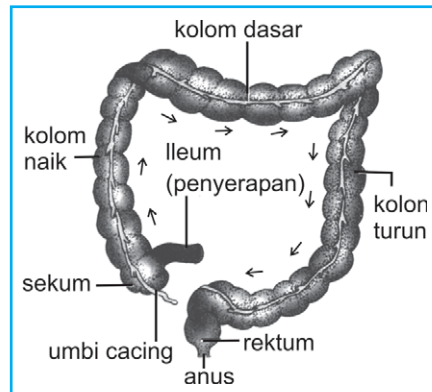
Proses penyerapan air dan mineral ini ibarat menimba air bersih di dalam saluran got yang airnya sangat kotor karena di dalam usus besar ini hanya terdapat makanan dalam bentuk sisa-sisa yang akan dibusukkan dan dibuang ke luar tubuh. Itulah kerja dari usus besar ini. Hebat bukan?

Di dalam usus besar, makanan hanya akan mengalami penyerapan air dan beberapa garam mineral. Di dalam usus ini makanan sudah berwujud dalam bentuk ampas. Adanya bakteri saprofit, yaitu *Eschericia coli* menyebabkan ampas makanan akan membusuk yang selanjutnya akan dikeluarkan dalam bentuk feses.

Jika dalam dinding usus besar seseorang terinfeksi, akibatnya penyerapan air akan terganggu, sehingga wujud feses dalam keadaan cair yang disebut dengan gejala diare. Apabila seseorang menahan buang air besar, maka akan menyebabkan penyerapan air yang berlebihan sehingga feses menjadi keras yang disebut dengan *konstipasi* (sembelit) yang dapat menyebabkan pecahnya pembuluh darah vena sekitar anus yang gejalanya disebut dengan *hemoroid* (ambeien). Agar Anda lebih memahami struktur usus besar, perhatikan Gambar 5.11!

✓ Perlu Diketahui

Beberapa makanan dapat merangsang bakteri untuk menghasilkan lebih banyak gas di dalam usus besar, di antaranya adalah kol, ubi, bawang, dan kacang merah.



Sumber: Ilustrasi Hary

Gambar 5.11 Usus besar

6. Anus

Feses akan didorong oleh otot-otot polos di sekitarnya menuju ke anus dan tertimbun di situ dan akhirnya menyebabkan seseorang merasa ingin buang air besar. Proses buang air besar ini disebut *defekasi*. Otot-otot di sekitar anus berkontraksi sehingga anus membuka dan mengeluarkan feses dari anus.

Feses yang dihasilkan dari organ pembuangan dipengaruhi oleh jenis makanan. Makanan yang banyak mengandung serat tumbuhan lebih banyak menghasilkan feses, karena sulit dicerna. Makanan yang lain umumnya 95% dapat diserap oleh usus halus dan 5% menjadi kotoran dalam bentuk feses. Sekitar 75% kandungan feses terdiri dari air. Sisanya adalah berupa zat

B ZAT MAKANAN

Sumber: Foto Haryana, 2007

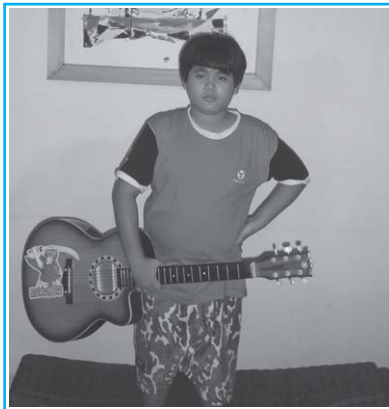


Gambar 5.12 Makanan sehat

Perhatikan contoh makanan sehat yang terdapat pada Gambar 5.12! Setiap makhluk hidup, termasuk manusia membutuhkan makanan sepanjang hidupnya. Apa yang akan terjadi jika kebutuhan itu tidak terpenuhi? Anda dapat merasakan peranannya, apalagi ketika berpuasa, seharian tidak makan sama sekali. Apa yang Anda rasakan? Perut akan sangat lapar bukan? Itu merupakan efek yang paling mudah

dan cepat. Kelebihan atau kekurangan makanan dapat mengakibatkan tubuh seperti tampak pada Gambar 5.13 dan 5.14

Sumber: Foto Haryana, 2007



Gambar 5.13
Anak berbadan gemuk (kelebihan gizi)



Gambar 5.14
Anak berbadan kurus (kekurangan gizi)

Sumber: Foto Haryana, 2007

Makanan yang berlebihan dapat mengakibatkan tubuh gemuk, sebaliknya kekurangan makan akan menjadikan tubuh kurus.

Dari fakta di atas mungkin Anda sudah mempunyai beberapa gambaran fungsi makanan terhadap tubuh. Makanan mempunyai peranan penting, antara lain:

1. untuk pertumbuhan dan perkembangan tubuh;
2. menjaga jaringan tubuh agar tidak rusak;
3. sebagai penghasil energi;
4. mengatur proses-proses kimia yang terjadi di dalam tubuh;
5. sebagai benteng tubuh dari berbagai macam kuman penyebab penyakit.

Dari semua fungsi yang disebutkan itu, menunjukkan bahwa manusia hidup selalu memerlukan makanan. Seseorang yang kekurangan makan akan terlihat kurus, apalagi apabila seseorang tidak diberi makanan dalam jangka waktu yang lama. Apa yang akan terjadi? Mengapa terjadi demikian?

Makanan yang kita konsumsi sehari-hari seharusnya tidak sekedar cukup dalam kuantitas atau jumlahnya saja, tetapi juga harus baik kualitasnya agar baik pula efeknya bagi tubuh. Artinya, makanan harus memenuhi komposisi sehat, bergizi, dan seimbang. Makanan yang demikian harus memiliki syarat-syarat berikut.

1. Makanan sehat harus bersih, tidak mengandung bibit penyakit, dan tidak mengandung zat yang membahayakan bagi tubuh, misalnya racun dan zat sintesis yang berbahaya (pewarna, penyedap, dan pengawet buatan). Unsur-unsur itu dalam jangka pendek tidak begitu terasa bagi tubuh, namun dalam jangka panjang jika kita sering mengkonsumsinya dapat menyebabkan berbagai macam penyakit).
2. Makanan yang bergizi harus mengandung cukup karbohidrat, lemak, dan protein sebagai penghasil energi. Protein yang baik untuk tubuh harus memenuhi 10 macam asam amino esensial, antara lain *isoleusin*, *leusin*, *lisin*, *metionin*, *fenilalanin*, *treonin*, *triptofan*, *valin*. Vitamin dan mineral di dalamnya. Vitamin yang masuk ke dalam tubuh digunakan sebagai zat pembangun dan memperlancar metabolisme dalam tubuh, misalnya vitamin A, B, C, D, E, K dan lain-lain. Sedangkan mineral, walaupun dalam jumlah sedikit penting sekali untuk metabolisme, misalnya kalium, fosfor, besi, natrium, dan lain-lain.
3. Makanan harus seimbang, artinya gizi yang terkandung di dalamnya harus cukup, sesuai dengan kebutuhan tubuh masing-masing.
4. Makanan juga harus mudah dicerna, sehingga dapat terserap optimal oleh usus untuk memenuhi kebutuhan tubuh.

5. Makanan harus mengandung cukup air. Di dalam tubuh, fungsi air sangat penting, yaitu sebagai pelarut yang paling baik. Pada susunan kimiawi tubuh manusia lebih dua per tiga bagian tubuh berupa air.

Sudah dijelaskan sebelumnya bahwa makanan harus mengandung unsur-unsur karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineral. Coba ingat kembali yang dimaksud dengan zat-zat tersebut!

1. Karbohidrat

Makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia berupa nasi, namun ada sebagian penduduk Indonesia yang makanan pokoknya adalah sagu. Tahukah Anda mengapa nasi dan sagu digunakan sebagai makanan pokok? Alasan utamanya adalah karena makanan tersebut banyak mengandung karbohidrat sehingga dapat menghasilkan kalori atau energi.

Selain pada nasi dan sagu, kandungan karbohidrat banyak dijumpai pada kentang, gandum, jagung, singkong, dan lain-lain. Dari semua contoh yang disebutkan itu dapat diketahui bahwa karbohidrat hanya dapat diperoleh dari tumbuhan. Karbohidrat tersimpan dalam tubuh tumbuhan dan merupakan hasil sintesis senyawa anorganik yang mengandung unsur-unsur C, H, dan O menjadi senyawa organik.

Untuk mengetahui dan membuktikan ada tidaknya kandungan karbohidrat dalam makanan, kita dapat melakukan uji terhadap kadar amilum dan kadar glukosa dalam makanan. Amilum merupakan karbohidrat dari golongan polisakarida, sedangkan glukosa merupakan karbohidrat dari golongan monosakarida. Untuk mengetahuinya, coba lakukan kegiatan berikut!

KEGIATAN KELOMPOK 2

Tujuan : Mengetahui dan membuktikan kandungan amilum dalam makanan.

Alat dan Bahan : 1. Tabung reaksi
2. Nasi, telur matang, minyak goreng
3. Larutan yodium

Cara Kerja :

1. Siapkan 3 buah tabung reaksi, masukkanlah bahan yang akan diuji pada masing-masing tabung.

- Tabung 1 = nasi
 2 = telur matang (ambil potongannya)
 3 = minyak goreng.
2. Masing-masing tabung diberi 5 tetes larutan yodium.
 3. Amatilah perubahan warna yang terbentuk pada tabung reaksi! Catatlah hasilnya dalam bentuk tabel agar jelas perbedaannya.
 4. Tabung manakah yang menunjukkan perubahan warna? Warna apakah yang terbentuk?
 5. Buatlah kesimpulan dari kegiatan yang telah Anda lakukan ini!

KEGIATAN KELOMPOK 3

Tujuan : Menyelidiki adanya kandungan glukosa pada suatu makanan.

Alat dan Bahan :

1. Tabung reaksi
2. Pemanas air
3. Nasi, minyak goreng, potongan telur rebus.
4. Larutan Benedict

Cara Kerja :

1. Lakukan cara kerja pada nomor 1 seperti pada Kegiatan Kelompok 1.
2. Masing-masing tabung reaksi diberi 10 tetes larutan Benedict.
3. Masing-masing tabung reaksi dimasukkan ke dalam air panas selama 2-3 menit.
4. Amatilah perubahan warna yang terjadi pada tabung reaksi! Catatlah hasilnya dalam bentuk tabel agar jelas perbedaannya.
5. Tabung manakah yang menunjukkan perubahan warna? Warna apakah yang terjadi?
6. Buatlah kesimpulan dari kegiatan yang telah Anda lakukan seperti kegiatan sebelumnya!

Fungsi karbohidrat yang utama sudah dijelaskan sebelumnya, yaitu sebagai penghasil energi. Namun, selain itu karbohidrat juga berfungsi, antara lain:

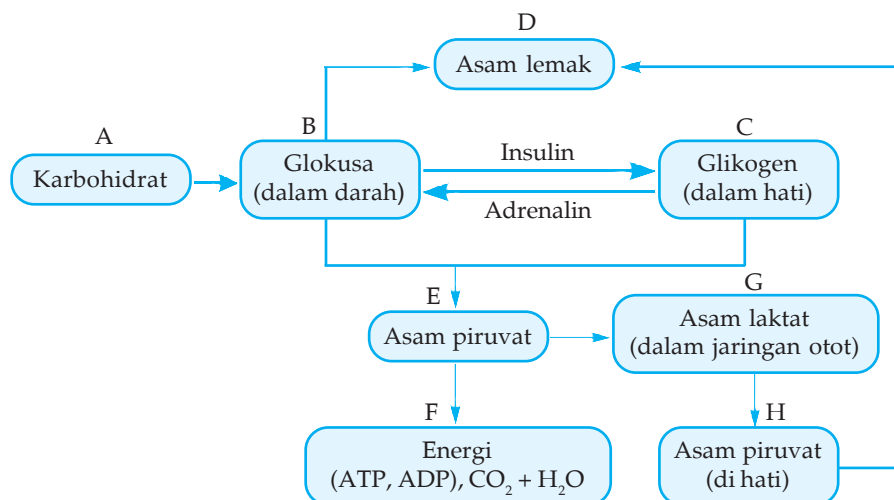
- sebagai pembentuk struktur sel, jaringan, dan anggota tubuh. Di dalam sel, terutama bagian gen yang berada di dalam inti sel tersusun dari karbohidrat yang berat atom C lima;
- dapat menjaga keseimbangan asam dan basa dalam tubuh;
- berperan dalam pembentukan protein dan lemak;
- berperan dalam proses metabolisme tubuh;
- selulose dapat mencegah sembelit (susah buang air besar);
- laktosa dapat membantu penyerapan unsur kalsium dari makanan.

Karbohidrat dibagi menjadi 3 macam berdasarkan jumlah gugus gula yang menyusunnya. Perhatikan pada Tabel 5.2!

Karbohidrat disimpan di dalam tubuh dalam dua bentuk, yaitu tersimpan dalam otot dan hati berupa glikogen dan tersimpan dalam darah berupa glukosa. Untuk menjadi dua bentukan seperti itu, karbohidrat melalui serangkaian proses metabolisme dalam tubuh. Untuk mengetahui prosesnya, perhatikan pada Gambar 5.15 berikut ini!

Tabel 5.2 Macam-Macam Karbohidrat

No	Macam Karbohidrat	Keterangan
1.	Monosakarida	Merupakan golongan gula sederhana yang memiliki satu gugus gula. Golongan ini memiliki karakteristik mudah larut dalam air dan terasa manis. Monosakarida terdiri atas glukosa, fruktosa, dan galaktosa.
2.	Disakarida	Merupakan golongan gula majemuk, yang memiliki dua gugus gula. Golongan ini memiliki karakteristik sama seperti pada monosakarida. Disakarida terdiri atas dua monosakarida.
3.	Polisakarida	Merupakan golongan gula majemuk yang memiliki lebih dari sepuluh gugusan gula. Golongan ini memiliki karakteristik tidak terasa manis, tidak dapat larut dalam air, tetapi larut dalam koloid dan tidak dapat melewati membran semipermeabel.



Gambar 5.15
Bagan proses metabolisme karbohidrat

Bagan di atas menunjukkan alur metabolisme karbohidrat sampai menghasilkan energi untuk aktivitas tubuh. Proses di atas dapat dijelaskan sebagai berikut.

Apabila Anda mengonsumsi makanan yang mengandung karbohidrat, maka karbohidrat akan masuk dalam sistem pencernaan dan akhirnya sampai pada usus halus sehingga terjadi penyerapan karbohidrat. Selanjutnya, karbohidrat masuk ke dalam aliran darah dalam bentuk glukosa (B), kemudian melalui vena porta glukosa dibawa ke hati dan diubah menjadi glikogen (C). Pembentukan glikogen ini terbatas, sehingga kelebihan glukosa akan diubah menjadi asam lemak yang akan disimpan di dalam jaringan lemak (D). Dari peristiwa ini Anda dapat menjelaskan, penyebab seseorang yang kelebihan karbohidrat menjadi gemuk. Glukosa dapat diubah menjadi glikogen dengan bantuan hormon insulin. Pada kasus seseorang kekurangan hormon insulin, maka proses pembentukan glikogen menjadi glukosa terhambat, akibatnya kadar glukosa dalam darah meningkat dan inilah yang mengakibatkan seseorang menderita penyakit diabetes melitus.

Glikogen juga dapat diubah menjadi glukosa apabila dibutuhkan dengan adanya hormon adrenalin. Melalui proses glikolisis dan rangkaian proses kimiawi, maka glukosa dan glikogen akan diubah menjadi asam piruvat (E) dan kemudian melalui proses siklus masuk *siklus krebs* menghasilkan karbon dioksida dan air kemudian melepaskan energi berupa ATP. Proses ini berlangsung dengan dibantu enzim sitokrom (F). Asam piruvat tidak semuanya masuk dalam siklus krebs, sebagian lagi diubah menjadi asam laktat yang disimpan di dalam jaringan otot. Inilah yang menyebabkan pegal dan lelah pada otot kita (G). Dari jaringan otot, asam laktat ini akan diangkut oleh darah menuju hati dan diubah menjadi asam piruvat, kemudian diubah kedalam bentuk glikogen kembali (H).

2. Lemak

Orang yang berbadan gemuk sering dikatakan kelebihan lemak. Memang gemuk identik dengan lemak. Tetapi tahukah Anda, apa sebenarnya lemak itu? Dari mana asalnya dan bagaimana proses pembentukannya di dalam tubuh kita?

Lemak merupakan senyawa organik yang mengandung unsur-unsur C, H, O (karbon, hidrogen, dan oksigen) dan kadang-kadang P dan N (fosfor dan nitrogen). Lemak tidak dapat larut dalam air, melainkan larut dalam kloroform, eter, dan minyak tanah.

Sumber lemak bisa berasal dari tumbuhan yang disebut lemak nabati. Lemak nabati bisa diperoleh dari makanan, antara lain kelapa, minyak kelapa, kacang-kacangan, kedelai, avokad, zaitun, dan lain-lain. Adapun sumber lemak yang berasal dari hewan disebut lemak hewani. Lemak hewani bisa diperoleh dari daging, susu, mentega, telur, ikan, dan sebagainya.

Untuk menguji ada tidaknya kandungan lemak dalam makanan, lakukan kegiatan berikut!

KEGIATAN KELOMPOK 4

Tujuan : Mengetahui kandungan lemak dalam suatu makanan

Alat dan Bahan :

1. Kertas koran
2. Lampu spiritus
3. Lumpang porselen
4. Minyak, mentega, jeruk, mangga

Cara Kerja:

1. Tumbuk masing-masing bahan makanan yang telah disiapkan pada lumpang porselen.
2. Encerkan hasil tumbukan dengan akuades sehingga berbentuk larutan.
3. Teteskan masing-masing larutan pada kertas koran, dan sebagai perbandingan teteskan pula air pada kertas koran juga.
4. Keringkan kertas tetesan tadi dengan lampu spiritus.
5. Perhatikan keadaan yang terjadi pada kertas koran, lalu amatilah hasilnya pada masing-masing kertas tersebut.
6. Buatlah tabel perbedaan agar lebih jelas. Selanjutnya, buatlah kesimpulan dari kegiatan ini! Konsultasikan hasilnya pada guru yang mengampu pelajaran Biologi.

Kebutuhan lemak setiap hari untuk seseorang kurang lebih 1 gram setiap kilogram berat badan. Tetapi kebutuhan ini berbeda-beda, tergantung usia, aktivitas, dan suhu. Anak-anak lebih sedikit membutuhkan lemak daripada orang dewasa. Seseorang yang banyak beraktivitas, membutuhkan lemak lebih banyak daripada yang lebih sedikit aktivitasnya. Di daerah bersuhu dingin kebutuhan akan lemak pada seseorang juga lebih banyak.

Dari penjelasan itu dapat kita ketahui bahwa lemak sangat dibutuhkan oleh tubuh kita. Sebenarnya, apakah fungsi lemak bagi tubuh kita? Lemak mempunyai peran, antara lain:

- a. untuk menghasilkan kalori atau energi, bahkan energi yang dihasilkan lemak lebih tinggi dibandingkan karbohidrat;
- b. sebagai pelarut vitamin dan zat-zat lain, vitamin yang dapat larut dalam lemak antara lain vitamin A, D, E dan K;
- c. untuk membangun bagian-bagian tertentu dari sel. Bagian sel yang tersusun dari lemak adalah membran sel;
- d. dapat melindungi tubuh dari suhu yang rendah;
- e. sebagai bantalan lemak dan pelindung organ dalam, misalnya jantung dan lambung.

Jenis lemak dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

a. Lemak Sederhana

Contoh lemak sederhana adalah minyak, lilin, dan lemak yang tersusun oleh trigliserida. Lemak sederhana ini bisa kita temukan pada lemak daging hewan. Trigliserida yang menyusun lemak ini meliputi gliserol dan tiga asam lemak. Asam lemak memiliki ikatan kimia yang berbeda-beda, ada yang memiliki ikatan rangkap tetapi ada juga yang tidak.

Berdasarkan hal itu, asam lemak dibedakan menjadi dua.

- 1) Asam lemak jenuh, yaitu asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap. Asam lemak jenuh disebut juga *asam lemak nonesensial* artinya asam lemak yang dapat disintesis sendiri oleh tubuh. Biasanya asam lemak ini berbentuk padat. Contohnya adalah asam stearat dan asam palmitat (lemak pada hewan). Asam lemak jenuh paling banyak ditemukan pada susu sapi.
- 2) Asam lemak tak jenuh, yaitu asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap. Asam lemak ini disebut juga *asam lemak esensial*, artinya asam lemak yang tidak dapat disintesis sendiri. Sumber asam lemak ini berasal dari tumbuhan. Biasanya ditemukan dalam bentuk cair, misalnya asam linoleat, asam oleat, dan asam arakhidonat. Senyawa-senyawa ini dibutuhkan tubuh kita dan berperan dalam berbagai fungsi fisiologis.

Asam lemak esensial memiliki peran yang sangat penting, terutama dalam pembentukan struktur membran sel. Selain itu, asam lemak ini bisa mencegah penyakit jantung koroner. Manusia memerlukan asam linoleat kurang lebih 2% dari makanan berkalori setiap harinya.

b. Lemak Campuran

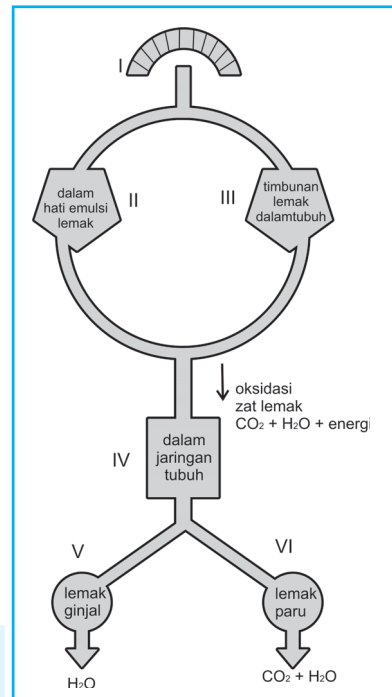
Lemak ini meliputi fosfolipid dan lipoprotein. Jika kita amati, dinding sel tubuh kita tersusun dari fosfolipid ini. Adanya fosfolipid sebagai penyusun dinding sel tersebut menyebabkan air dalam sel tidak banyak yang menguap.

c. Turunan Lemak

Golongan ini terdiri atas asam lemak, sterol, gliserol, dan kolesterol. Kadar kolesterol tinggi dapat menyebabkan penyakit jantung koroner yang merupakan jenis penyakit dengan tingkat kematian paling tinggi.

Lemak mengalami proses kimia di dalam tubuh. Penyerapan zat lemak dalam bentuk asam lemak dan gliserol di jonjot usus. Proses tersebut dapat dijelaskan dengan bagan di samping!

Coba ceritakan dengan kata-kata Anda Gambar 5.16



Gambar 5.16
Jalur metabolisme lemak

Sumber: Biologi 2 SMA, HT. Transvisi

3. Protein

Di negara kita, makanan seperti tahu, tempe, atau kedelai merupakan makanan yang mudah dijumpai di berbagai tempat. Tiga jenis makanan itu termasuk makanan yang banyak mengandung protein. Selain itu, protein juga banyak terkandung dalam ikan. Jika Anda sering mengonsumsi makanan itu, berarti kebutuhan akan protein bagi tubuh Anda sudah tercukupi. Tahu, tempe, dan kedelai merupakan protein yang berasal dari tumbuhan yang disebut protein nabati. Sedangkan ikan merupakan protein yang berasal dari hewan yang disebut protein hewani. Sebenarnya apakah protein itu? Protein merupakan senyawa organik kompleks yang terdiri atas unsur C, H, O dan kadang-kadang mengandung unsur S dan P (belerang dan fosfor).

Jenis protein ada dua, yaitu protein hewani dan protein nabati. Protein hewani antara lain berasal dari ikan, susu, daging, telur dan lain-lain, sedangkan protein nabati diperoleh dari biji-bijian, kacang-kacangan, dan juga sayuran. Protein hewani lebih baik daripada protein nabati karena mengandung asam-asam amino esensial yang lengkap, baik macam dan jumlahnya, sehingga disebut protein yang sempurna. Protein nabati kurang sempurna karena walaupun mengandung asam amino esensial yang lengkap tetapi jumlahnya sedikit, sehingga jumlahnya tidak dapat mencukupi untuk proses pertumbuhan tubuh.

Protein sangat dibutuhkan oleh tubuh, tetapi kebutuhannya berbeda-beda untuk masing-masing orang. Hal ini tergantung dari usia, berat badan, jenis kelamin, wanita hamil, kondisi kesehatan, iklim, dan lain-lain.

Pada dasarnya protein memiliki fungsi di dalam tubuh, antara lain:

- menghasilkan energi dan kalori, kalori yang dihasilkan dari protein, yaitu setiap 1 gram menghasilkan 4,1 kalori;
- sebagai unsur pembangun jaringan yang rusak;
- untuk membantu pertumbuhan tubuh;
- sebagai sistem buffer, artinya dapat menjaga keseimbangan asam dan basa;
- dapat membentuk enzim, hormon, dan pigmen;
- membantu proses metabolisme tubuh.

Penting sekali bukan peran protein bagi tubuh? Coba bayangkan apabila tubuh kita kekurangan protein ini, apa yang akan terjadi? Pada usia anak-anak, peranan zat protein sangat penting sekali. Jika kebutuhan akan protein tidak tercukupi, maka pertumbuhan anak-anak akan terhambat dan respon terhadap saraf-saraf motorik berkurang. Kondisi ini dinamakan *kwashiorkor* (lapar gizi) dan *marasmus*. Keadaan ini dapat Anda lihat pada Gambar 5.17!



Gambar 5.17 Penyakit kwashiorkor dan marasmus

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

Keseimbangan protein dikatakan normal apabila protein yang kita konsumsi dapat mencukupi kebutuhan tubuh dan masih tersisa untuk diekskresikan.

Unsur-unsur protein meliputi asam amino. Ada dua macam asam amino, yaitu sebagai berikut.

a. Asam Amino Esensial

Asam amino esensial tidak dapat dibuat sendiri oleh tubuh, sehingga dapat dicukupi dari makanan yang kita makan. Ada 10 macam asam amino esensial, antara lain: isoleusin, leusin, lisin, metionin, valin, treolin, fenilalanin, triptofan, histidin dan arginin. Arginin dan histidin esensial terutama dibutuhkan pada masa anak-anak.

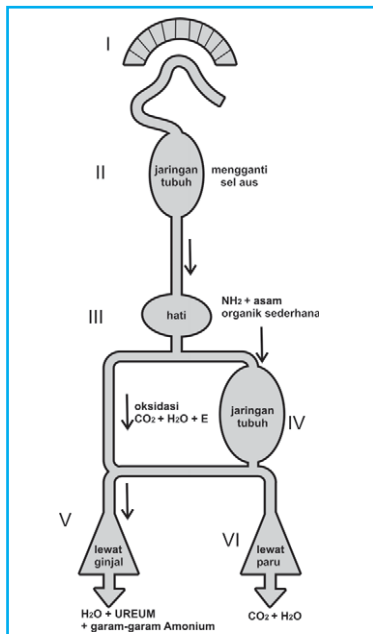
b. Asam Amino Non-Esensial

Asam amino ini dapat dibuat sendiri oleh tubuh. Golongan ini terdiri atas 11 asam amino, antara lain alanin, asparagin, asam aspartat, sistin, asam glutamat, sistein, glisin, glutamin, serin, prolin, dan tirosin.

Agar lebih jelas, lihatlah Tabel 5.3 berikut ini!

Tabel 5.3
Macam-Macam Asam Amino

No.	Asam Amino Esensial	No.	Asam Amino Non-Esensial
1.	Isoleusin	1.	Alanin
2.	Leusin	2.	Asparagin
3.	Lisin	3.	Asam
4.	Metionin	4.	Aspartat
5.	Valin	5.	Sistin
6.	Treonin	6.	Asam glutamat
7.	Fenilalanin	7.	Sistein
8.	Triptofan	8.	Glisin
9.	Histidin	9.	Glutamin
10.	Arginin	10.	Serin
		11.	Prolin
		12.	Tirosin



Protein di dalam tubuh dipecah menjadi asam amino dan mengalami serangkaian proses metabolisme karbohidrat maupun lemak. Penyerapan protein dalam bentuk asam amino berlangsung di jonjot usus. Agar lebih jelas dengan proses tersebut, perhatikan bagan pada Gambar 5.18

Coba ceritakan dengan kata-kata Anda sendiri proses pada bagan tersebut!

Untuk menguji ada tidaknya kadar protein dalam suatu makanan, lakukan kegiatan berikut ini!

Gambar 5.18
Jalur metabolisme protein

KEGIATAN KELOMPOK 5

Tujuan : Menyelidiki kandungan protein dalam suatu makanan

Alat dan Bahan :

1. Tabung reaksi
2. Lumpang porselen
3. Pipet tetes
4. Makanan, seperti putih telur, biji kacang, minyak kelapa, dan nasi.
5. Akuades

Cara Kerja :

1. Tumbuklah bahan-bahan yang masih kasar sehingga menjadi halus dan lembut menggunakan lumpang porselen.
2. Encerkan hasil tumbukan tersebut dengan akuades sehingga membentuk larutan.
3. Taruhlah masing-masing larutan ke dalam tabung reaksi yang sudah diberi label keterangan terlebih dahulu.
4. Teteskan larutan CuSO_4 dan NaOH , masing-masing 5 tetes pada tabung reaksi.

5. Amatilah perubahan warna yang terjadi, kemudian catatlah hasil pengamatan Anda menggunakan tabel agar lebih jelas perbedaannya.
6. Diskusikan hasil pengamatan itu bersama teman-teman Anda dan selanjutnya buatlah kesimpulannya.

4. Vitamin

Apakah fungsi vitamin bagi tubuh kita? Bagaimana pula bila tubuh kita mengalami defisiensi vitamin? Vitamin merupakan senyawa organik yang sangat dibutuhkan oleh tubuh, walaupun dalam jumlah yang sedikit, namun fungsinya sangat penting dan tidak dapat digantikan oleh unsur-unsur lain.

Vitamin berfungsi untuk memperlancar proses metabolisme tubuh dan tidak dapat menghasilkan energi. Di dalam tubuh, vitamin bekerja sebagai katalisator tubuh, yaitu mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam tubuh.

Menurut sifat kelarutannya, vitamin dibedakan menjadi dua.

a. Vitamin yang Larut dalam Air

Jenis vitamin ini, antara lain vitamin B dan C. Fungsi vitamin B dan defisiensinya terhadap tubuh dapat Anda ketahui dari Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Vitamin yang Larut dalam Air

No.	Vitamin	Sumber	Fungsi	Defisiensi
1.	Vit. B1 (Thiamin)	Padi, polong-polongan, sayuran hijau, susu, kuning telur, ikan, hati	<ul style="list-style-type: none"> - Mempengaruhi penyerapan lemak dalam usus - Biokatalisator metabolisme karbohidrat 	<ul style="list-style-type: none"> - Beri-beri - Hilangnya nafsu makan - Proses metabolisme karbohidrat terhambat
2.	Vit B2 (Riboflavin)	Susu, hati, telur, ragi, sayuran, mentega	<ul style="list-style-type: none"> - Penghasil energi - Membebaskan energi dari metabolisme karbohidrat, lemak dan protein - Memelihara jaringan tubuh terutama di sekitar mulut - mempengaruhi impuls menuju mata 	<ul style="list-style-type: none"> - Mata lelah dan pusing - Pandangan kabur - Kornea meradang mulut dan lidah meradang
3.	Vit B6 (Asam Panthotemat)	Buah, sayuran, daging, hati, ikan, susu, kentang, telur	<ul style="list-style-type: none"> - Sebagai koenzim proses metabolisme - Mempengaruhi produksi antibodi - Mempengaruhi pertumbuhan kulit dan darah 	<ul style="list-style-type: none"> - Kulit muka luka, dan meradang - Nafsu makan berkurang absorpsi makanan di usus terganggu

No.	Vitamin	Sumber	Fungsi	Defisiensi
4.	Vit. B3 (asam panthotenat)	Buah, sayuran, daging, hati, ikan, susu, kentang, telur	<ul style="list-style-type: none"> - Sebagai koenzim A dalam metabolisme karbohidrat lemak dan protein - Menjaga agar gula darah normal 	<ul style="list-style-type: none"> - Gangguan pencernaan - Nafsu makan berkurang - Mudah lelah - Otot mengalami tegang
5.	Vit B12 (Sianokobalin)	Ikan, kerang, udang, hati, daging, susu, telur, keju	<ul style="list-style-type: none"> - Pertumbuhan jaringan - Metabolisme sel darah 	<ul style="list-style-type: none"> - Anemia - Mudah lelah - Nyeri saat bernafas - Peradangan pada saraf
6.	Asam Nikotinat (Niasin)	Hati, ikan, telur, daging, tomat, kacang, sayuran hijau	<ul style="list-style-type: none"> - Sebagai koenzim dalam proses metabolisme - Dapat membebaskan energi dari karbohidrat - Memelihara fungsi alat-alat pencernaan 	<ul style="list-style-type: none"> - Gangguan pencernaan - Terjadi pellagra, yaitu kulit kasar, mulut luka, diare - Mudah lelah - Nafsu makan berkurang
7.	Asam folat (Vit M)	Hati, daging, sayuran hijau, kacang, pisang, polong-polongan.	<ul style="list-style-type: none"> - Menjaga metabolisme metil - Berpengaruh dalam pembentukan DNA atau RNA - Mempengaruhi pembentukan koenzim yang memproduksi sel darah merah dan protein 	<ul style="list-style-type: none"> - Berat badan menurun - Mudah lelah - Rusaknya sel darah merah - Diare - Kerusakan kulit
8.	Biotin (Vit H)	Hati, susu, polong-polongan, kacang, sayuran.	<ul style="list-style-type: none"> - Koenzim metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein 	<ul style="list-style-type: none"> - Nafsu makan berkurang - mudah lelah
9.	Vit C (asam askorbonat)	Buah-buahan, sayur-sayuran, hati	<ul style="list-style-type: none"> - Berperan dalam proses oksidasi - Mengaktifkan enzim protein dan lemak - Mempengaruhi pembentukan kolagen - Memelihara pembuluh darah 	<ul style="list-style-type: none"> - Nyeri pada otot - Kerusakan pembuluh darah - Proses metabolisme protein dan lemak terhambat, nafsu makan berkurang, nyeri otot, kulit kusam.

b. Vitamin yang Larut dalam Lemak

Jenis vitamin yang larut dalam lemak antara lain A, D, E, dan K. Fungsi serta defisiensi vitamin ini terhadap tubuh dapat Anda ketahui pula dari Tabel 5.5!

Tabel 5.5 Vitamin yang Larut dalam Lemak

No.	Nama Vitamin	Sumber	Fungsi	Defisiensi
1.	Vitamin A	Wortel, tomat, pepaya, sayuran, hati, kuning, telur, susu, mentega.	Menjaga kesehatan mata, kulit, tulang, dan gigi	- mata meradang - Mudah lemah - Kulit kusam
2.	Vitamin D	Susu, ikan, telur, sinar UV, minyak ikan	- Mempengaruhi proses metabolisme kalsium - Memelihara tulang dan gigi - Membunuh absorpsi fosfor	- Penyakit tulang yaitu rakitis dan osteomalasia
3.	Vitamin E	Sayuran hijau, kecambah, biji-bijian, polong-polongan, gandum	- Menjaga sel-sel darah - Menjaga kehalusan kulit - Menyuburkan pada wanita	- Rusaknya sel-sel darah merah - Kulit kusam - Penimbunan lemak pada otot
4.	Vitamin V	Hati, daging, dapat dibuat oleh bakteri usus.	- Mempengaruhi pembentukan protrombin	- Menghambat proses pembekuan darah - Perdarahan - Menghambat penyembuhan luka

Coba Anda pikirkan bila tubuh kita tidak mendapatkan vitamin secara lengkap dan dalam jumlah yang memadai!

Saat ini jenis makanan sangat beragam, namun tidak semua makanan berguna bagi tubuh kita, bukan? Sebaiknya kita mengonsumsi makanan yang mengandung zat-zat yang diperlukan tubuh dalam jumlah yang memadai.

Untuk menguji kandungan vitamin dalam makanan, lakukan Kegiatan Kelompok 6 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 6

- Tujuan** : Mengetahui kandungan vitamin C dalam makanan
- Alat dan Bahan** :
1. Empat buah tabung reaksi
 2. Lumpang porselen
 3. Sari buah (jeruk, nanas), kentang dan bawang merah
 4. Akuades
 5. Indofenol biru

Cara Kerja :

1. Masing-masing makanan dibuat dalam bentuk cair. Untuk buah, ambillah sari-sarinya dan untuk umbi-umbian lumatkan terlebih dahulu, kemudian berilah air untuk membuat larutannya.
2. Isikan 10 ml indofenol biru pada masing-masing tabung reaksi yang sudah diberi label; label 1 untuk jeruk, 2 untuk nanas, 3 untuk kentang, dan 4 untuk bawang merah.
3. Teteskan masing-masing tabung reaksi yang sudah diberi indofenol tersebut setetes demi setetes dengan sari-sari makanan yang sudah disiapkan seperti pada langkah 1.
4. Amatilah perubahan warna yang terjadi. Makanan yang mengandung vitamin C akan memperlihatkan perubahan warna dari larutan biru (dari indofenol biru) menjadi tidak berwarna setelah ditetesi larutan makanan.
5. Catatlah jumlah tetesan yang diperlukan, buatlah dalam bentuk tabel agar lebih jelas.
6. Diskusikan dengan teman-teman dalam kelompok, lalu buatlah kesimpulan dari kegiatan percobaan ini. Konsultasikan hasilnya pada guru pengampu.

Dari kegiatan percobaan tersebut, Anda dapat mengetahui ada tidaknya kandungan vitamin C dalam makanan. Untuk mengetahui pada jenis makanan lainnya, Anda dapat melakukan percobaan dengan langkah-langkah yang sama dengan jenis makanan yang berbeda.

5. Mineral

Mineral sangat dibutuhkan oleh tubuh. Defisiensi mineral dalam tubuh akan mengganggu proses metabolisme. Jenis mineral ada dua, yaitu makroelemen dan mikroelemen.

a. Makroelemen

Makroelemen merupakan mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah banyak. Unsur-unsur makroelemen, antara lain kalsium, natrium, magnesium, kalium, fosfor, klor, dan belerang. Untuk mengetahui fungsi dari masing-masing elemen dan sumbernya serta defisiensinya terhadap tubuh, perhatikan Tabel 5.6 berikut!

Tabel 5.6 Unsur-Unsur Makroelemen

No.	Nama Mineral	Sumber	Fungsi	Defisiensi
1.	Natrium	Garam dapur, telur, susu, ikan, daging	<ul style="list-style-type: none"> - Menjaga tekanan osmotik - Memelihara pH tubuh - Menjaga fungsi sistem saraf 	<ul style="list-style-type: none"> - Naiknya tekanan darah - Terjadinya gangguan pada organ dalam, terutama jantung dan ginjal - Kejang otot - Tulang dan gigi rapuh - Darah sukar membeku - Kejang otot - Pertumbuhan terhambat
2.	Kalsium (Ca)	Susu, keju, ikan, brokoli, biji-bijian, polong-polongan.	<ul style="list-style-type: none"> - Memelihara tulang dan gigi - Mengatur proses pembekuan darah - Mengatur kontraksi dan relaksasi otot - Menjaga pH tubuh - Memelihara kadar air dalam sel tubuh - Sebagai katalisator - Transmisi impuls saraf - Menjaga denyut jantung - Pembentukan gigi dan tulang - Mengatur hormon - Mengatur kontraksi otot - Menjaga pH tubuh 	<ul style="list-style-type: none"> - Jantung mudah berdebar - Denyut jantung tidak normal - Lemahnya otot - Gangguan impuls saraf
3.	Kalium (K)	Buah-buahan, sayuran, daging, sereal.	<ul style="list-style-type: none"> - Sebagai katalisator reaksi kimia - Sintesis protein - Respirasi seluler - Penting untuk darah, tulang, dan gigi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tulang dan gigi kerosok - Berat badan turun - Nyeri tulang - Nafsu makan berkurang
4.	Fosfor (P)	Susu, daging, ikan, kuning telur, kacang polong-polongan, sereal.	<ul style="list-style-type: none"> - Memelihara pH tubuh - Memelihara keseimbangan tubuh - Mengatur kerja enzim tertentu - Mengatur transfer karbon-dioksida dari darah ke paru-paru 	<ul style="list-style-type: none"> - Gangguan otot - Mudah emosi dan gangguan mental
5.	Magnesium (M)	Padi, sereal, susu, polong-polongan, daging.	<ul style="list-style-type: none"> - Mengatur kerja enzim tertentu - Meningkatkan proses pembekuan darah 	<ul style="list-style-type: none"> - Pengaturan otot terganggu - Kerusakan ginjal dan jantung - Mudah lelah

No.	Nama Mineral	Sumber	Fungsi	Defisiensi
6.	Klor (Cl)	Garam dapur, susu, telur, daging	- Mengatur penyimpanan dan pembebasan energi	- Gangguan pencernaan - Rusaknya gigi - Rusaknya rambut
7.	Belerang (S)	Susu, telur, daging, keju, polong-polongan, sayur, buah	- Memelihara saraf dan otot	- Belum diketahui

b. Mikroelemen

Jika makroelemen merupakan mineral yang banyak dibutuhkan tubuh, maka mikroelemen merupakan mineral yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, tetapi defisiensinya dapat mengakibatkan proses metabolisme terganggu. Unsur-unsur mikroelemen, antara lain besi, yodium, tembaga, fluor, mangan, kobalt, kromium, dan selenium.

Untuk mengetahui fungsi dari masing-masing elemen dan sumbernya, serta defisiensinya terhadap tubuh, perhatikan tabel 5.7!

Tabel 5.7 Unsur-Unsur Mikroelemen

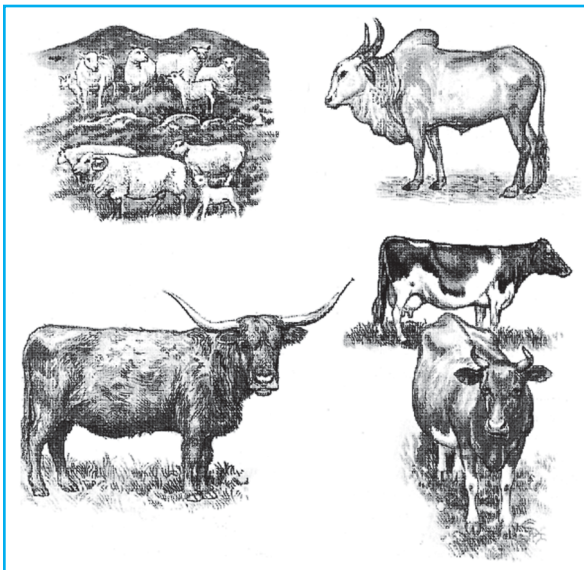
No.	Nama Mineral	Sumber	Fungsi	Defisiensi
1.	Zat Besi (Fe)	Susu, daging, hati, kuning telur, padi, buah, sayur	- Mengatur metabolisme - Membentuk hemoglobin - Mengatur transport CO ₂ ke sel dan dari sel - Mengaktifkan kelenjar tiroid - Pembentukan hormon dalam kelenjar tiroid.	- Mudah lelah - Pusing - Berat badan turun - Nafsu makan berkurang - Anemia - Penyakit gondok
2.	Yodium (I)	Garam dapur, ikan	- Pembentukan enzim-enzim - Berperan dalam penyembuhan luka - Mengatur metabolisme	- Pertumbuhan terlambat - Luka sulit sembuh
3.	Seng (Zn)	Ikan, susu, telur, hati, daging, gandum	- Memperkuat tulang dan gigi	- Gangguan saraf
4.	Fluor (F)	Ikan, susu, kuning telur, otak	- Mencegah osteoporosis	- Anemia - Gangguan tulang - Kulit luka
5.	Tembaga (Cu)	Biji-bijian, polong polongan, hati, padi, ginjal	- Membantu pembentukan hemoglobin - Memelihara fungsi saraf - Sebagai komponen enzim	

Gangguan sistem pencernaan dapat disebabkan oleh pola makan, kebiasaan hidup, infeksi, maupun gangguan alat-alat dalam. Beberapa gangguan yang terjadi dalam pencernaan makanan adalah sebagai berikut.

1. *Paratitis*, disebut juga penyakit gondong. Penyakit ini disebabkan oleh virus. Hal ini merupakan suatu kondisi, yaitu terjadinya infeksi pada kelenjar parotis.
2. *Xerostomia*, kelainan yang menyebabkan produksi saliva sedikit.
3. *Gastritis*, yaitu radang kronis yang terjadi pada lapisan mukosa dinding lambung, penyebabnya karena makanan yang terkena kuman atau kelebihan HCl.
4. *Disfagia*, adalah keadaan lambung yang rusak akibat alkohol dan suatu racun tertentu.
5. *Peritonitis*, terjadi akibat peradangan yang terjadi pada selaput perut.
6. *Hepatitis*, yaitu infeksi hati yang disebabkan oleh virus hepatitis. Penyakit ini dapat menular melalui makanan atau minuman, transfusi darah, hubungan seksual, pemakaian jarum suntik lebih dari satu orang.
7. *Apendisitis*, penyebabnya karena adanya radang yang terjadi pada usus buntu. Keadaan ini bisa disebabkan karena makanan yang membusuk atau karena infeksi bakteri.
8. *Konstipasi* disebut juga sembelit, yaitu keadaan sulit buang air besar pada seseorang. Ini bisa disebabkan karena penyerapan air di dalam usus besar yang berlebih, sehingga feses menjadi keras. Perasaan stres dan takut juga dapat memicunya.
9. *Diare*, penyakit ini diakibatkan oleh infeksi bakteri pada kolon sehingga mengakibatkan gangguan pada penyerapan air, akibatnya feses menjadi encer atau mencret.
10. *Hemoroid*, penyakit ini muncul karena pecahnya pembuluh vena di daerah anus. Sembelit dapat memicu terjadinya kelainan ini.

D SISTEM PENCERNAAN PADA RUMINANSIA

Perhatikan hewan ruminansia, misalnya sapi, kerbau pada Gambar 5.19 yang berukuran lebih besar daripada manusia. Apa yang Anda bayangkan dari organ pencernaannya? Samakah dengan pencernaan pada manusia? Perhatikan pula bagaimana cara sapi makan, gerakan rahangnya, giginya, dan cara mengunyahnya! Jelas terdapat banyak perbedaan dengan manusia bukan? Cobalah Anda sebutkan perbedaan-perbedaan itu! Agar lebih jelas dengan sistem pencernaan ruminansia, pelajarilah materi berikut ini dengan baik!



Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

Gambar 5.19 Ruminansia

Hewan ruminansia seperti sapi dan kerbau mempunyai pencernaan yang agak berbeda dengan manusia. Pada bagian mulutnya, hewan ini memiliki rahang yang besar sehingga gigi-gigi gerahamnya berukuran besar-besar dan lebar. Sesuai dengan makanannya berupa tumbuhan yang banyak mengandung selulosa dan bersifat lebih keras, gigi geraham ini berfungsi untuk mencabik dan menggilas makanannya supaya hancur. Sedangkan gigi seri berukuran besar dan lebar berbentuk pahat berfungsi untuk memotong dan mencabik makanan serta untuk memperkecil ukurannya agar mudah dikunyah.

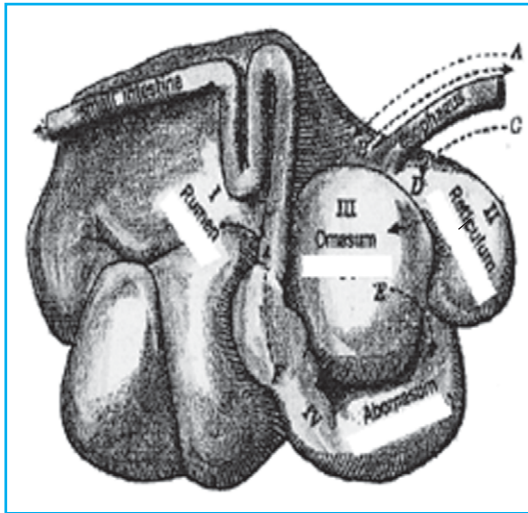
Kelenjar ludah di dalam mulut mensekresikan air liur dalam jumlah sangat banyak dan mengandung natrium bikarbonat sehingga dapat membasahi makanan dan menjaga kondisi rumen (lambung) selalu lembap. Natrium bikarbonat memberikan suasana basa pada makanan, yaitu memiliki pH kurang dari 8,5.

Jika kita perhatikan sapi saat makan, terlihat seolah-olah sapi melakukan gerakan mengunyah secara terus-menerus. Mengapa bisa terjadi seperti itu? Ternyata sapi sering memuntahkan kembali makanan dari bagian lambung,

yaitu *retikula rumen* (rumen dan retikulum) ke mulut untuk dikunyah kembali. Tujuannya untuk menghaluskan makanan yang masih kasar, kemudian ditelan kembali. Karena peristiwa inilah sapi disebut hewan ruminansia.

Lambung ruminansia dapat dibedakan menjadi bagian depan dengan ukuran yang besar, yaitu *rumen*, *retikulum*, dan *omasum* serta bagian yang berada di belakang dengan ukuran lebih kecil yang disebut *abomasums*. Lihatlah strukturnya pada Gambar 5.20!

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997



Gambar 5.20
Lambung sapi

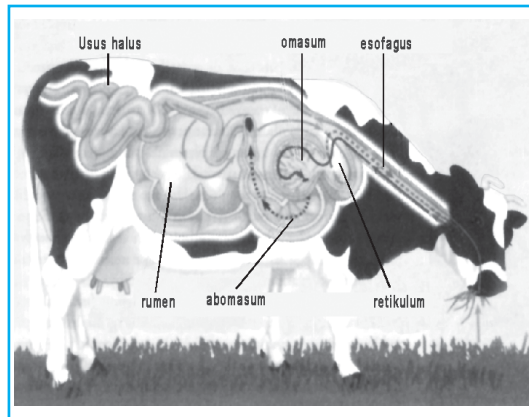
Makanan yang sudah dihancurkan di dalam mulut dicampur dengan air liur dan ditelan melalui kerongkongan (*esophagus*) masuk lambung, yaitu pada bagian *retikulo-rumen*. Di dalam retikulo-rumen ini makanan dicerna menjadi bubur dengan gerakan mengaduk dari kontraksi otot dinding retikulo-rumen. Setelah itu, makanan dimuntahkan kembali melewati kerongkongan masuk ke dalam mulut untuk dikunyah kembali. Selanjutnya, makanan turun kembali ke rumen. Di dalam retikulo-rumen terdapat bakteri anaerob dan Protozoa dengan konsentrasi masing-masing kurang lebih 10^9 tiap cc dan 10^6 setiap cc dari isi rumen. Aktivitas bakteri dan Protozoa ini adalah untuk menfermentasikan makanan di retikulo-rumen. Selulosa diubah menjadi selobiosa dan kemudian diubah menjadi glukosa-1-fosfat.

Makanan kemudian masuk ke dalam *omasum*, dan diteruskan ke abomasum yang merupakan lambung sebenarnya. Di dalam abomasum terdapat getah lambung yang berfungsi untuk mencerna makanan.

Dari abomasum, makanan masuk ke dalam usus. Seperti terlihat pada Gambar 5.21. Usus ruminansia berukuran lebih panjang daripada hewan lain yang ukuran tubuhnya sama. Hal ini disebabkan karena

makanan dicerna dengan bantuan bakteri dalam waktu yang agak lama di dalam usus dan dicerna sedikit demi sedikit. Bakteri-bakteri ini melakukan fermentasi selulosa dan membebaskan isi sel tumbuhan sehingga mudah dicerna. Pati dicerna oleh amilase bakteri dan protozoa menjadi maltosa dan isomaltosa. Oleh maltase diubah menjadi glukosa dan glukosa-6-fosfat. Sukrosa diubah menjadi fruktosa dan glukosa oleh sukrase bakteri dalam protozoa. Dari hal ini sehingga kita tidak heran lagi bahwa makanan ruminansia berasal dari rumput yang keras dinding selnya.

Selulosa tidak tercerna oleh enzim-enzim pencernaan, tetapi dapat tercerna oleh bakteri dan Protozoa. Selain itu bakteri dapat menghasilkan vitamin terutama vitamin B.



Gambar 5.21
Pencernaan pada sapi

Sumber: Biologi, Campbell, 2002

RANGKUMAN

1. Makanan sangat dibutuhkan oleh tubuh dalam proses metabolisme tubuh.
2. Makanan yang baik adalah yang memiliki kadar unsur-unsur yang dibutuhkan tubuh secara seimbang, yaitu karbohidrat, lemak, protein, vitamin, dan mineral.
3. Defisiensi dari zat makanan tersebut dapat menyebabkan gangguan proses metabolisme.
4. Sistem pencernaan pada manusia terdiri atas bagian mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, dan usus besar.
5. Di dalam rongga mulut terdapat alat-alat, yaitu gigi, lidah, dan kelenjar ludah.
6. Organ lambung terdiri atas bagian-bagian kardiaks, fundus, dan pilorus.
7. Bagian dari usus halus terdiri atas usus 12 jari (*duodenum*), usus kosong (*jejunum*) dan usus penyerapan (*ileum*).
8. Di dalam usus besar terdapat mikroorganisme parasit yaitu bakteri *Escheridia coli* yang berfungsi untuk membusukkan sisa-sisa makanan.
9. Pencernaan pada hewan ruminansia agak berbeda dengan manusia, terutama disebabkan karena faktor makanan. Makanan ruminansia berupa tumbuhan yang berdinding sel kuat dan keras.

LATIHAN

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Proses pencernaan yang terjadi di mulut berlangsung secara mekanik dan kimiawi dengan menggunakan enzim sebagai katalisatornya. Zat yang diubah di dalam mulut dengan perantaraan enzim adalah
 - a. vitamin
 - b. mineral
 - c. protein
 - d. karbohidrat
 - e. lemak

2. Bagian dari saluran pencernaan yang memiliki daerah permukaan terluas untuk mengabsorpsi molekul makanan adalah
 - a. lambung
 - b. esofagus
 - c. duodenum
 - d. kolon
 - e. ileum
3. Getah pencernaan pada usus (*sucus entericus*) terdiri atas
 - a. getah pankreas
 - b. cairan empedu
 - c. cairan empedu dan getah dinding usus halus
 - d. cairan empedu, getah pankreas, dan getah dinding usus halus.
 - e. dinding usus halus
4. Organ pencernaan terdiri dari saluran dan kelenjar. Organ yang tergolong kelenjar adalah
 - a. hati dan pankreas
 - b. usus halus dan anus
 - c. rektum dan lambung
 - d. kelenjar ludah dan kerongkongan
 - e. usus besar dan kerongkongan
5. Bagian alat pencernaan makanan yang tidak berfungsi mencernakan makanan secara kimia adalah
 - a. usus dua belas jari
 - b. rongga mulut
 - c. usus halus
 - d. lambung
 - e. kerongkongan
6. Saluran pencernaan makanan yang menghubungkan mulut dengan lambung adalah
 - a. usus halus
 - b. kerongkongan
 - c. ventrikulus
 - d. faring
 - e. esofagus
7. Selain berperan sebagai endokrin, kelenjar pulau langerhans pada pankreas juga sebagai eksokrin, karena menghasilkan enzim getah pencernaan berupa
 - a. amilase
 - b. sakarase, maltase, dan lipase
 - c. kolesistokinin
 - d. NaHCO_3
 - e. enterokinase

8. Zat-zat makanan yang telah dicerna menjadi molekul-molekul yang sederhana, sesampainya di usus halus diserap oleh vili dan
 - a. hanya vitamin dan mineral yang menuju kapiler
 - b. semuanya akan menuju ke kapiler
 - c. asam lemak dan asam amino menuju ke pembuluh chyl
 - d. asam amino, glukosa serta asam lemak menuju ke pembuluh chyl
 - e. asam lemak dan gliserin menuju ke pembuluh chyl sedangkan asam amino, glukosa, vitamin dan mineral ke kapiler
9. Yang termasuk zat makanan mikro (mikronutrien) adalah
 - a. karbohidrat dan air
 - b. protein dan mineral
 - c. lemak dan vitamin
 - d. lemak dan karbohidrat
 - e. vitamin dan mineral
10. Bahan makanan yang dianjurkan untuk penderita anemia adalah
 - a. kangkung dan bayam
 - b. kacang-kacangan dan buah-buahan
 - c. telur dan buah-buahan
 - d. ikan laut dan rumput laut
 - e. kuning telur dan otak
11. Rasa nyeri pada usus karena adanya penyerapan air yang berlebihan sehingga feses menjadi keras disebut
 - a. defekasi
 - b. gastrokolik
 - c. gastritis
 - d. heneroid
 - e. konstipasi
12. Urutan jalannya makanan pada hewan memamah biak dari mulut sampai keempat macam lambung adalah
 - a. mulut - omasum - abomasum - kembali ke mulut - rumen - retikulum
 - b. mulut - rumen - retikulum - kembali ke mulut - omasum - abomasum
 - c. mulut - rumen - retikulum - omasum - abomasum - kembali ke mulut.
 - d. mulut - retikulum - kembali ke mulut - rumen - omasum - abomasum
 - e. mulut - rumen - retikulum - omasum - kembali ke mulut - abomasum

13. Pada anak sapi, air susu yang diserap dari induknya langsung masuk ke abomasum karena
- saluran makanannya dari mulut langsung ke abomasum
 - anak sapi bagian lambungnya belum terbagi-bagi
 - air susu tidak perlu dikunyah
 - rumen, retikulum dan omasum masih kecil dan belum berfungsi
 - sistem pencernaan makanan belum berfungsi
14. Ruang pada lambung sapi yang sama dengan lambung manusia adalah
- retikulum
 - rumen
 - abomasum
 - omasum
 - fundus
15. Sakit maag yang akut dapat mengakibatkan penyakit lain, yaitu
- peritonitis
 - diare akut
 - tukak lambung
 - meningitis
 - faringitis

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

- Organ apa saja yang menyusun sistem pencernaan pada manusia? Bagaimana pula perlakuan makanan pada organ tersebut?
- Jelaskan kandungan zat yang harus dipenuhi pada makanan yang sehat!
- Bagaimana cara menguji bahan makanan yang mengandung amilum, protein, dan lemak?
- Sebutkan perbedaan yang terjadi pada sistem pencernaan manusia dengan hewan ruminansia!
- Apakah fungsi dari kelenjar pencernaan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Mengapa seekor sapi tampak tanpa berhenti atau selalu menggerakkan mulutnya mengunyah makanan?
2. Tindakan preventif apakah yang harus Anda lakukan ketika menderita diare? Bagaimana pula tindakan Anda untuk mengatasi sakit maag? Jelaskan jawaban Anda disertai alasan yang tepat sesuai teori yang telah Anda pelajari!
3. Apakah dampak yang mungkin terjadi bila kita mengalami hipervitaminosis atau hipermineral terhadap kesehatan?
4. Sekarang ini banyak tersedia makanan instan atau cepat saji yang pembuatannya mudah dan praktis. Menurut Anda bagaimana menyikapi keadaan seperti itu? Apakah makanan-makanan tersebut sudah mempunyai komposisi sehat, bergizi, dan seimbang bagi kesehatan? Apakah dampak makanan tersebut bagi perkembangan kesehatan tubuh? Saran apakah yang dapat Anda berikan untuk menghadapi permasalahan ini?
5. Perhatikan menu makanan Anda setiap hari! Sudahkah menu tersebut mengandung unsur-unsur yang diperlukan tubuh? Benarkah kekurangan salah satu unsur makanan dapat mengganggu kesehatan tubuh? Mengapa bisa demikian?

BAB 6

SISTEM PERNAPASAN

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari sistem pernapasan pada manusia. Dengan mempelajari materi pada bab ini, diharapkan Anda dapat mengerti dan memahami keterkaitan struktur, fungsi, dan proses pada sistem pernapasan serta kelainan yang terjadi pada sistem tersebut sehingga dapat mencegah agar tidak mengalami gangguan pada sistem tersebut.

Sumber: Clipart



Gambar 6.1 Astronot

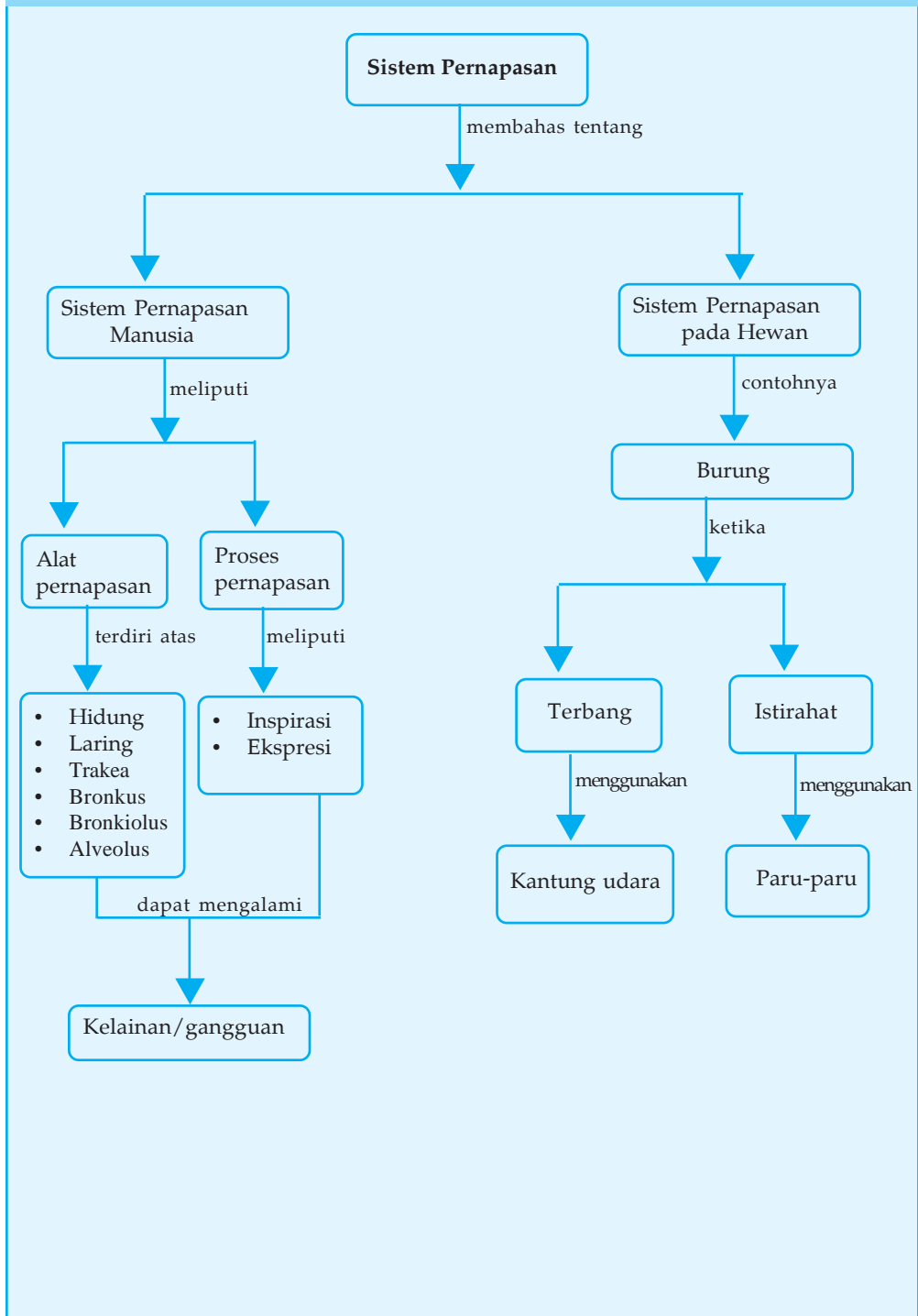
Bernapas adalah bagian yang sangat penting dari aktivitas makhluk hidup. Tanpa bernapas, manusia akan mati.

Cobalah menahan napas selama 1 menit saja! Dapatkah Anda melakukannya? Ketika menahan napas tersebut Anda merasakan sesak napas, bukan? Penyebab rasa sesak ini adalah dorongan tubuh akibat tubuh kekurangan oksigen. Bila hal ini terjadi beberapa lama akan menyebabkan gangguan dalam tubuh dan akhirnya akan menyebabkan kematian. Bagaimana dengan orang yang berada di luar angkasa, misalnya astronot yang naik ke bulan, seperti terlihat pada Gambar 6.1!

Kata Kunci

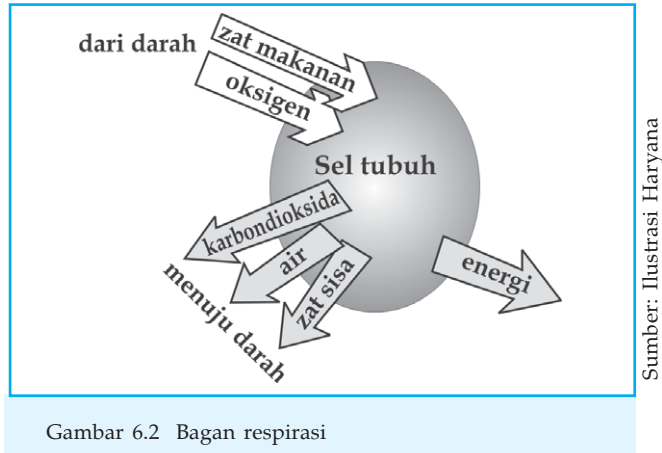
- respirasi
- energi
- paru-paru
- oksigen
- karbon dioksida
- difusi
- bronkus
- alveolus
- ekspirasi
- inspirasi
- udara residu
- udara komplementer
- oksihemoglobin

PETA KONSEP



A RESPIRASI PADA MANUSIA

Perhatikan bagan pada Gambar 6.1 dan cobalah untuk menganalisisnya!



Gambar 6.2 Bagan respirasi

Tahukah Anda mengapa bernapas itu penting? Bernapas adalah salah satu bentuk kegiatan tubuh guna menghasilkan energi untuk hidup. Coba Anda perhatikan bagan pada Gambar 6.2!

Dari gambar di atas Anda dapat melihat bahwa udara yang masuk lewat sistem pernapasan akan digunakan untuk proses oksidasi biologi, yaitu proses yang menghasilkan energi dengan memecah molekul yang lebih kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana, terutama molekul gula sederhana diuraikan menjadi karbondioksida dan uap air. Energi yang terbentuk dari hasil oksidasi biologi akan digunakan untuk proses-proses aktivitas hidup antara lain untuk bergerak, untuk melakukan pertumbuhan dan perkembangan, proses reproduksi, dan mengatur suhu tubuh serta aktivitas hidup yang lain. Nah, sekarang Anda mengerti bukan mengapa proses respirasi itu penting?

Proses respirasi ini dapat berlangsung dengan dua cara, yaitu respirasi aerob dan respirasi anaerob.

1. Respirasi Aerob (Oksidasi)

Proses ini merupakan pemecahan molekul dengan menggunakan oksigen, reaksi umumnya sebagai berikut:



Jika Anda perhatikan reaksi kimia pada proses tersebut menghasilkan energi yang banyak, yaitu sebesar 675 kalori. Pada umumnya dalam keadaan normal manusia menggunakan cara ini.

2. Respirasi Anaerob

Proses ini merupakan pemecahan molekul tidak menggunakan oksigen. Reaksi umumnya sebagai berikut.



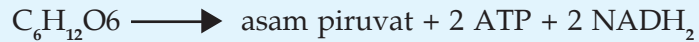
Pada proses respirasi anaerob terjadi pemecahan molekul yang tidak sempurna, karena masih dihasilkan zat organik sehingga energinya belum terbebaskan semua. Pada proses tersebut hanya terhenti sampai glikolisis dan terbentuk asam laktat, sehingga energi yang dihasilkan sedikit dan dampaknya mengakibatkan kelelahan pada tubuh. Proses ini umumnya terjadi pada organisme tingkat rendah, yaitu pada ragi dan bakteri. Pada organisme tingkat tinggi proses ini hanya berlangsung dalam keadaan darurat, yaitu apabila persediaan oksigen kurang mencukupi. Ini terjadi ketika otot bekerja terlalu keras dan berlebih.

Respirasi dapat berlangsung dalam tiga tahap.

a. Glikolisis

Pada proses glikolisis ini terjadi perubahan glukosa menjadi asam piruvat.

Reaksi glikolisis adalah sebagai berikut.



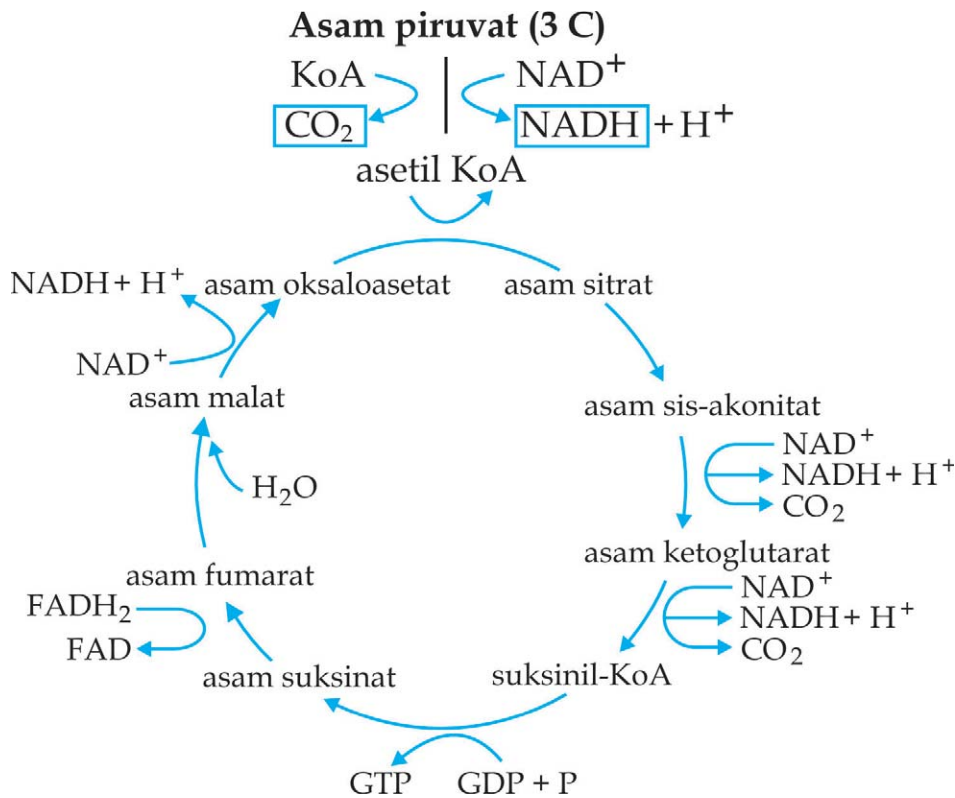
Reaksi di atas berlangsung di dalam sitoplasma dan bersifat anaerob. Reaksi ini melepaskan energi untuk menghasilkan ATP dan NADH_2 . Asam piruvat yang dihasilkan dalam proses di atas akan diubah menjadi asetil-KoA di dalam mitokondria. Setelah dirubah menjadi asetil-KoA, maka akan masuk ke dalam siklus Krebs.

b. Siklus Krebs

Siklus Krebs merupakan rangkaian reaksi yang mengubah asetil KoA menjadi CO_2 dengan melalui proses oksidasi.

Pada reaksi sebelumnya, yaitu reaksi glikolisis telah dihasilkan asam piruvat. Asam piruvat yang terbentuk ini dapat memasuki siklus Krebs, setelah bereaksi dengan NAD^+ dan Ko-enzim A membentuk senyawa asetil Ko-A.

Siklus Krebs dapat dilihat pada proses di bawah ini!



Sumber: Ilustrasi Cahyo, 2007

Gambar 6.3 Siklus Krebs

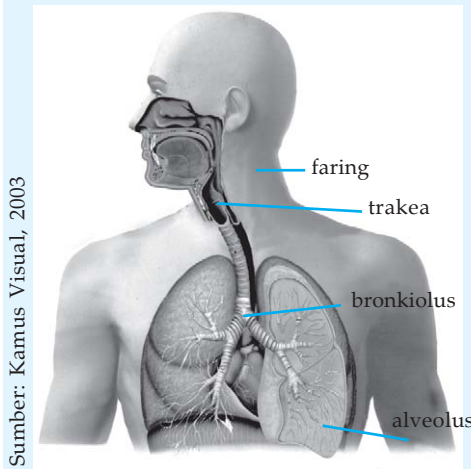
c. Rantai Transpor Elektron

Transpor elektron terjadi di dalam mitokondria yang banyak menghasilkan ATP. Reaksi menghasilkan ATP melibatkan sistem elektron pembawa. Pada reaksi ini yang berperan penting adalah NADH, FAD, dan molekul-molekul khusus dalam respirasi antara lain Ko-enzim A, flavoprotein, dan sitokrom. Hasil akhir dari reaksi transpor elektron adalah H_2O . Reaksi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.



B**STRUKTUR DAN FUNGSI PERNAPASAN MANUSIA**

Untuk memahami struktur sistem pernapasan pada manusia, lakukan Kegiatan Kelompok 1 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 1

Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar Struktur pernapasan manusia

Tujuan: Memahami struktur alat-alat pernapasan pada manusia

Alat : Torso manusia

Cara Kerja :

1. Amatilah torso manusia pada bagian alat-alat pernapasan.
2. Tunjukkan alat-alat yang digunakan sebagai alat pernapasan.
3. Sebutkan ciri-ciri masing-masing alat pernapasan dan gambarlah alat-alat tersebut beserta keterangan bagian-bagiannya. Catatlah hasilnya pada buku tugas Anda!

Dengan melakukan kegiatan itu Anda sudah dapat melihat dan mengetahui susunan alat-alat pernapasan pada manusia. Alat-alat pernapasan tersebut meliputi bagian-bagian sebagai berikut.

1. Hidung

Untuk mempelajari hidung lebih lanjut, perhatikan strukturnya pada Gambar 6.4! Hidung merupakan alat pernapasan yang terletak di luar dan tersusun atas tulang rawan. Pada bagian ujung dan pangkal hidung ditunjang oleh tulang *nasalis*. Rongga hidung dibagi menjadi dua bagian oleh septum nasalis, yaitu bagian kiri dan kanan. Bagian depan septum ditunjang oleh tulang rawan, sedangkan bagian belakang ditunjang oleh tulang vomer dan tonjolan tulang ethmoid.

Bagian bawah rongga hidung dibatasi oleh tulang palatum, dan maksila. Bagian atas dibatasi oleh ethmoid, bagian samping oleh tulang maksila, konka nasalis inferior, dan ethmoid sedangkan bagian tengah dibatasi oleh septum nasalis.

Pada dinding lateral terdapat tiga tonjolan yang disebut konka nasalis superior, konka media dan konka inferior. Melalui celah-celah pada ketiga tonjolan ini udara inspirasi akan dipanaskan oleh darah di dalam kapiler dan dilembapkan oleh lendir yang disekresikan oleh sel goblet. Lendir juga dapat membersihkan udara pernapasan dari debu.

Bagian atas dari rongga hidung terdapat daerah olfaktorius, yang mengandung sel-sel pembau. Sel-sel ini berhubungan dengan saraf otak pertama (nervus olfaktorius).

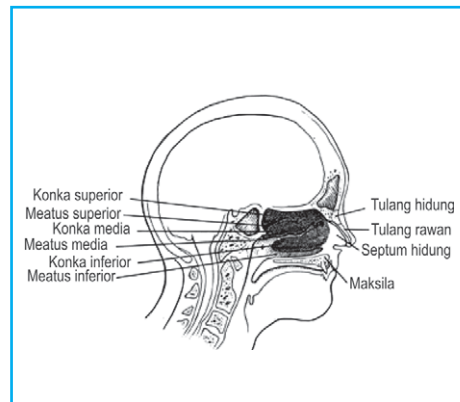
Panjangnya sekitar 10 cm. Udara yang akan masuk ke dalam paru-paru pertama kali akan masuk melalui hidung terlebih dahulu. Sekitar 15.000 liter udara setiap hari akan melewati hidung.

Menurut hasil pengamatan, bernapas menggunakan hidung lebih baik daripada mulut. Mengapa bisa dikatakan demikian? Hal ini tidak lepas dari kelengkapan sistem yang terdapat di dalam hidung. Tahukah Anda mengenai hal itu? Hidung ini dapat mengolah udara yang masuk ke paru-paru agar menjadi nyaman, di antaranya mengatur suhu udara, kelembapan dan kebersihan udara yang akan masuk ke paru-paru. Kualitas udara yang baik akan membuat paru-paru lebih sehat.

Fungsi hidung, antara lain seperti berikut.

a. Menghangatkan Udara

Hidung dapat berfungsi menghangatkan udara. Hal ini didukung oleh struktur pembuluh darah yang ada di sekitar hidung. Di sekitar rongga hidung terdapat banyak sekali pembuluh darah yang sangat kecil dan sangat tipis dindingnya. Karena strukturnya yang seperti ini, maka panas yang berasal dari darah sisa berpindah ke udara yang melewatinya sehingga dapat menghangatkan udara tersebut.



Gambar 6.4 Dinding lateral hidung

Sumber: Diagnostik Fisik, 1995



Perlu Diketahui

Bersin adalah gerak refleks yang terjadi sebagai tanggapan atas rangsang yang mengiritasi saluran pernapasan bagian atas. Ada 4 tahap pada peristiwa ini.

Sekalipun suhu udara yang terhirup dingin, tetapi hidung selalu mempunyai strategi untuk menghangatkan udara, dengan cara membesarkan pembuluh-pembuluh darah sehingga akan menambah luas permukaan untuk proses penghangatan udara yang lebih besar.

Coba pikirkan, mengapa udara harus dihangatkan seperti dijelaskan di atas? Ini karena suhu udara yang masuk ke dalam paru-paru harus mendekati suhu darah.

b. Melembapkan Udara

Bagaimana cara hidung melembapkan udara? Hidung mensekresikan lendir, bahkan setiap harinya lendir yang diekskresikan mencapai ± 1 liter. Dengan adanya lendir tersebut, maka air akan diuapkan untuk melaksanakan proses pelembapan udara tersebut, dengan demikian udara yang masuk ke paru-paru akan selalu dalam keadaan lembap, yaitu $\pm 80\%$.

c. Membersihkan Udara

Dengan adanya lendir yang terdapat pada hidung, ternyata dapat menjerat kotoran atau kuman yang berhasil lolos dari saringan. Selain itu, di dalam rongga hidung juga terdapat bulu-bulu getar, yang berfungsi sebagai penyaring udara.

Seseorang yang sedang sakit influenza atau pilek, ia akan merasakan makanan hambar. Mengapa demikian? Coba ingat-ingat kembali materi tentang pencernaan makanan yang sudah Anda pelajari sebelumnya!



Perlu Diketahui

Gerakan melambai bulu-bulu getar di dalam hidung dapat terjadi 20 kali setiap detik. Gerakan ini berfungsi untuk menyaring udara dan menggeser lendir yang menutupi permukaan hidung. Pergerakan lendir tersebut mencapai kecepatan 2 cm per menit. Tetapi kasus ini akan lebih lambat pada seorang perokok, peminum alkohol atau orang sakit.

2. Laring

Bagian sebelah atas laring disebut faring. Bagian ini memiliki panjang ± 4 cm. Struktur laring disusun oleh kepingan tulang rawan, antara lain seperti berikut.

a. Tulang rawan *epiglottis*

Tulang rawan epiglottis berjumlah satu dan terletak di puncak laring berbentuk daun.

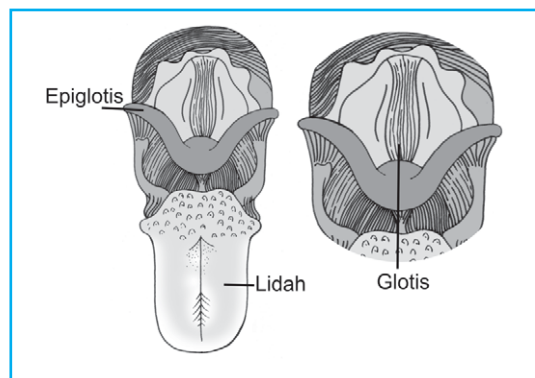
b. Tulang rawan *tiroid*

Tulang ini berjumlah satu, berbentuk seperti perisai yang terletak di sebelah anterior dari laring. Pada pria dan wanita ada perbedaan pada tulang rawan tiroid ini, yaitu pada pria lebih besar dan menonjol yang membentuk jakun.

- c. Tulang rawan *krikoid*
Tulang rawan krikoid berjumlah satu dan membatasi bagian bawah laring berbentuk cincin.
- d. Tulang rawan *aritenoid*
Tulang rawan aritenoid berjumlah dua dan terletak di atas krikoid. Tulang rawan aritenoid berhubungan dengan pita suara.
- e. Tulang rawan *kuneiformis*
Tulang rawan kuneiformis berjumlah dua dan terletak di antara epiglotis dan aritenoid.
- f. Tulang rawan *kornoculatum*
Tulang rawan kornoculatum berjumlah dua dan terletak di atas aritenoid.

Laring memiliki 2 cabang yang membentuk saluran makanan yang disebut esofagus dan saluran pernapasan yang disebut trakea. Untuk mengatur kedua fungsi tersebut, maka laring ini memiliki katup yang dapat membuka dan menutup yang disebut *epiglotis*, seperti terlihat pada Gambar 6.5.

Katup ini berfungsi untuk mengatur jalannya udara dan makanan. Itulah sebabnya saat kita menelan makanan tidak mungkin bersamaan dengan menghirup udara.



Gambar 6.5 Epiglotis

Sumber: Ilustrasi Bayu, 2007

3. Trakea (Tenggorokan)

Trakea berada di daerah leher dan disusun oleh tulang rawan yang berbentuk seperti cincin dengan panjang ± 10 cm. Dinding trakea terdiri atas jaringan ikat dan memiliki otot polos, pada bagian tengah terdapat bulu-bulu halus yang berfungsi untuk mengeluarkan debu atau kotoran. Trakea memanjang ke bawah dan ujungnya bercabang dua yang disebut *bronkus* menuju paru-paru kiri dan kanan. Apabila pada bagian ini kemasukan debu akibatnya terjadi penyempitan pada saluran pernapasan sehingga menyebabkan seseorang sukar bernapas. Itulah sebabnya seseorang akan merasa bersin jika saluran pernapasan kemasukan benda asing yang mengganggu pernapasan.

Batang trakea bagian dalam dilapisi oleh selaput lendir. Antara selaput lendir yang meliputi itu ada sepasang selaput yang letaknya melintang dari bagian muka ke belakang disebut pita suara.

4. Bronkus

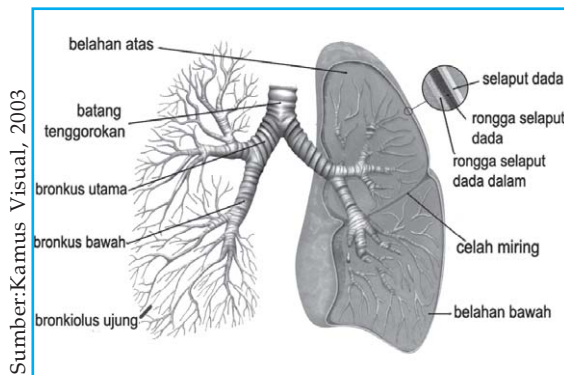
✓ Perlu Diketahui

Ada sekitar 300 juta buah alveolus yang menyusun paru-paru manusia. Adanya hal ini dapat memperluas permukaannya. Diperkirakan luas permukaan alveolus \pm 100 kali lebih luas daripada permukaan tubuh.

Bronkus tersusun atas percabangan, yaitu bronkus kanan dan kiri. Letak bronkus kanan dan kiri agak berbeda. Bronkus kanan lebih vertikal daripada kiri. Karena strukturnya ini, sehingga bronkus kanan akan mudah kemasukan benda asing. Itulah sebabnya paru-paru kanan seseorang lebih mudah terserang penyakit bronkhitis.

Pada seseorang yang menderita asma bagian otot-otot bronkus ini berkontraksi sehingga akan menyempit. Hal ini dilakukan untuk mencegah masuknya lebih banyak benda asing yang menimbulkan reaksi alergi. Akibatnya penderita akan mengalami sesak napas. Sedangkan pada penderita bronkitis, bagian bronkus ini akan tersumbat oleh lendir. Bronkus kemudian bercabang lagi sebanyak 20–25 kali percabangan membentuk *bronkiolus*. Pada ujung bronkiolus inilah tersusun alveolus yang berbentuk seperti buah anggur.

5. Paru-Paru



Gambar 6.6
Paru-paru

Paru-paru tersusun atas dua bagian, yaitu paru-paru kiri dan kanan seperti terlihat pada dada. Organ ini terletak di dalam rongga dada. Paru-paru kanan berukuran lebih besar daripada kiri. Berat paru-paru kanan sekitar 620 gram, sedangkan paru-paru kiri sekitar 560 gram. Hal ini disebabkan karena paru-paru kanan terdapat tiga bronkiolus, sedangkan paru-paru kiri terdapat 2 bronkiolus.

Di dalam paru-paru ini bronkiolus bercabang-cabang lagi membentuk gelembung udara yang disebut *alveolus*. Alveolus ini memiliki dinding yang elastis dan banyak mengandung kapiler darah, di situlah terjadinya

pertukaran udara secara proses difusi, oksigen akan diikat sedangkan CO_2 dan air akan dilepaskan. Adanya alveolus ini mengakibatkan struktur paru-paru seperti kasur busa yang memiliki rongga-rongga atau kantung kecil. Alveolus berjumlah 600 juta, sehingga dapat memperluas permukaan paru-paru. Pada usia 8 tahun, jumlah alveolus seseorang tidak akan mengalami penambahan jumlah. Struktur alveolus menyerupai setangkai buah anggur, dan sel-selnya bersifat lentur sehingga akan mudah mengembang dan mengempis untuk menarik dan menghembuskan napas. Kantong-kantong ini bersifat lentur karena dilumasi satu zat yang disebut *surfaktan*. Pada seseorang yang menderita emfisema, alveolusnya mengalami gangguan kelenturan sehingga sulit untuk mengembang dan mengempis. Itulah sebabnya orang tersebut sulit untuk bernapas.

Paru-paru ini dibungkus oleh selaput pembungkus yang disebut *pleura*, yang tersusun rangkap dua. Di antara kedua pleura terdapat *cairan limfe*, yang mempunyai peranan untuk melindungi paru-paru dari gesekan ketika mengembang dan mengempis.

C PROSES PERNAPASAN MANUSIA

Pada uraian sebelumnya telah dijelaskan betapa pentingnya bernapas itu. Coba Anda jelaskan kembali, mengapa demikian!

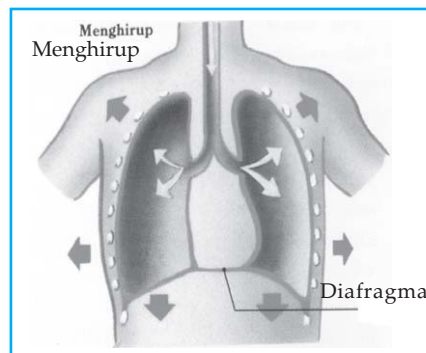
Udara dapat masuk dan keluar paru-paru karena adanya tekanan udara luar dengan udara dalam paru-paru. Perbedaan tekanan ini disebabkan oleh terjadinya perubahan besar-kecilnya rongga udara, rongga perut, dan rongga alveolus. Perubahan besarnya rongga ini terjadi karena kerja otot-otot pernapasan, yaitu otot antara tulang rusuk dan otot diafragma.

Proses pernapasan meliputi dua tahap berikut.

1. Proses Inspirasi

Pada proses ini terjadi pengisapan oksigen dari luar ke dalam paru-paru, proses ini dapat dilihat pada Gambar 6.7.

Bila otot diafragma berkontraksi, maka diafragmanya akan mendatar. Pada waktu inspirasi maksimum, otot antartulang rusuk berkontraksi sehingga tulang rusuk terangkat. Keadaan ini akan menambah besarnya rongga dada. Mendatarnya diafragma dan

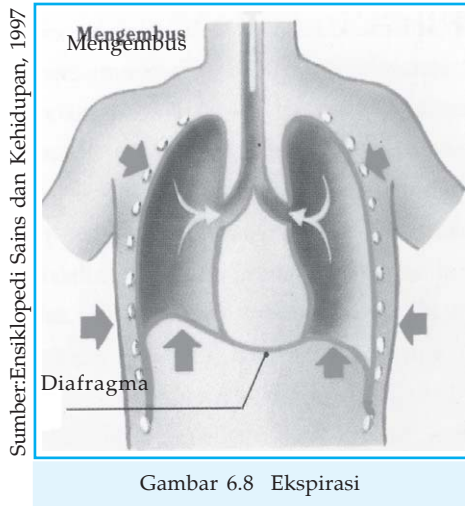


Gambar 6.7 Inspirasi

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

terangkatnya tulang rusuk menyebabkan rongga dada bertambah besar, diikuti mengembangnya paru-paru, sehingga udara luar masuk melalui hidung.

2. Proses Ekspirasi



Proses ini terjadi ketika kita menghembuskan udara. Pada proses ini terjadi proses pengeluaran karbon dioksida dan uap air dari paru-paru keluar tubuh. Proses ini dapat Anda lihat pada Gambar 6.8!

Pada gambar terlihat otot-otot dinding diafragma mengendur dan ditekan ke atas oleh organ perut, tulang rusuk kembali ke posisi semula, sehingga rongga dada menyempit. Akibatnya udara dapat terdorong keluar paru-paru.

Untuk dapat memahami sistem kerja organ-organ pernapasan di atas.

Anda dapat melakukan kegiatan seperti di bawah ini!

KEGIATAN KELOMPOK 2

Proses Inspirasi dan Ekspirasi

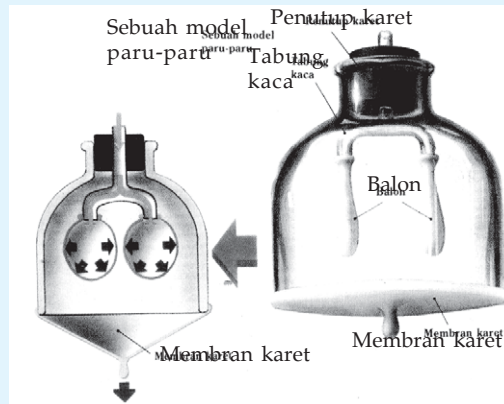
Tujuan : Memahami proses-proses ispirasi dan ekspirasi pada sistem pernapasan manusia.

Alat dan bahan:

1. Balon
2. Botol kaca/tabung kaca
3. Penutup karet
4. Membran karet
5. Selang

Cara Kerja:

1. Rangkailah alat peraga seperti pada gambar berikut ini!



2. Tiuplah balon melewati selang yang sudah terpasang melewati mulut tabung kaca.
3. Amatilah yang terjadi!
Apa yang terjadi pada balon dan membran karet!
4. Biarkan balon tersebut mengempis kembali.
Amatilah pula yang terjadi!
Apa yang terjadi pada membran karet?
Membran karet pada percobaan ini merupakan dinding diafragma pada tubuh manusia.
5. Apa yang dapat Anda simpulkan dari percobaan tersebut?
Diskusikan dengan teman-teman sekelompok Anda!

D MEKANISME PERNAPASAN

Jika Anda perhatikan Gambar 6.7 dan 6.8 pada dasarnya paru-paru merupakan benda elastis. Volume dan tekanan paru-paru diatur oleh bagian-bagian yang membatasinya, yaitu rongga dada dan perut, karena itu mekanisme paru-paru juga diatur oleh kedua bagian tubuh ini, sehingga kita kenal ada 2 macam mekanisme pernapasan pada manusia sebagai berikut.

1. Pernapasan Dada

Pernapasan dada terjadi bila otot-otot tulang rusuk luar berkontraksi, akibatnya tulang rusuk naik dan volume rongga dada akan lebih kecil daripada udara luar. Karena adanya perbedaan tekanan udara ini, maka udara luar masuk ke dalam rongga dada, sehingga terjadi proses *inspirasi*.

Proses *ekspirasi* terjadi apabila otot antar tulang rusuk dalam berkontraksi. Akibatnya, tulang rusuk turun dan volume rongga dada mengecil, sehingga tekanan udara di dalam rongga dada akan lebih besar. Selanjutnya, udara akan terdorong ke luar.

Untuk memahami penjelasan di atas, perhatikan urutannya berikut ini!

Urutan pernapasan dada Proses inspirasi

Tulang rusuk berkontraksi → tulang rusuk naik → volume rongga dada membesar, berakibat tekanan udaranya kecil → udara masuk

Proses ekspirasi

Tulang rusuk mengendur tulang rusuk turun volume rongga dada mengecil berakibat tekanan udaranya besar udara keluar

2. Pernapasan Perut

Pada proses pernapasan ini, fase inspirasi terjadi apabila otot diafragma (sekat rongga dada) mendatar dan volume rongga dada membesar, sehingga tekanan udara di dalam rongga dada lebih kecil daripada udara di luar, akibatnya udara masuk. Adapun fase ekspirasi terjadi apabila otot-otot diafragma mengkerut (berkontraksi) dan volume rongga dada mengecil, sehingga tekanan udara di dalam rongga dada lebih besar daripada udara di luar. Akibatnya udara dari dalam terdorong ke luar.

Untuk memahami penjelasan ini, perhatikan pula urutannya di bawah ini!

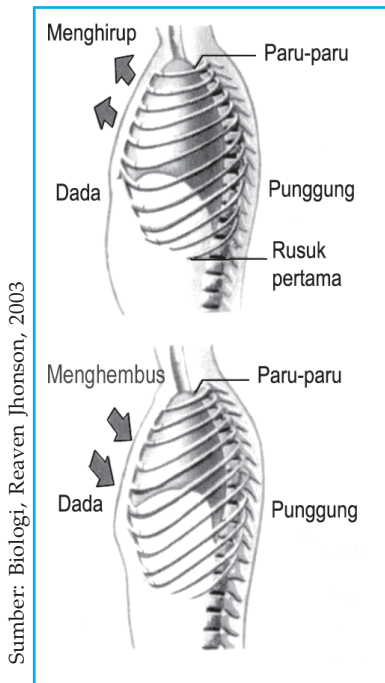
Urutan pernapasan perut Proses inspirasi

Otot-otot mengendur → Otot diafragma mendatar volume rongga dada membesar → tekanan udara rongga dada lebih kecil → udara masuk

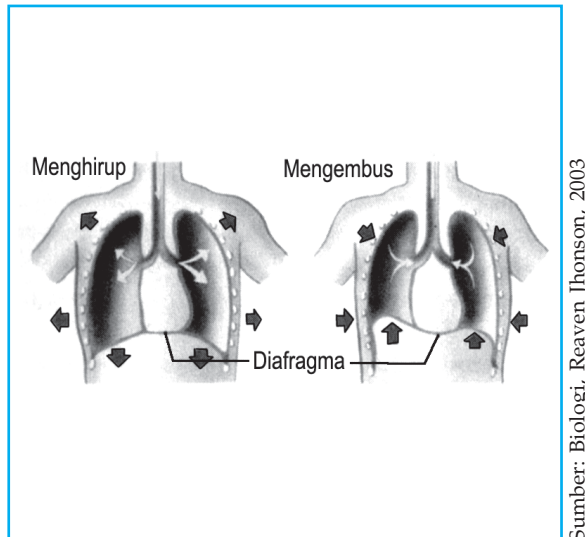
Proses ekspirasi

Otot diafragma berkontraksi volume rongga dada mengecil tekanan udara rongga dada lebih besar → udara ke luar

Proses yang terjadi pada pernapasan dada dan perut tersebut dapat diperjelas dengan Gambar 6.9 dan 6.10 berikut!



Gambar 6.9 Pernapasan dada



Gambar 6.10 Pernapasan perut

• TUGAS KELOMPOK

Diskusikanlah permasalahan berikut bersama kelompok Anda!

Para olahragawan, terutama perenang dan juga penyanyi ketika sedang menyanyi ternyata lebih sering menggunakan proses pernapasan perut ini. Coba analisislah, mengapa bisa demikian?

Dari penjelasan di atas, Anda sudah banyak mendapat gambaran tentang pernapasan dada dan perut. Agar lebih jelas lagi Anda dapat mencobanya sendiri. Cobalah Anda melakukan kedua hal tersebut. Coba bandingkan dan cermatilah perbedaannya dengan memperlihatkan gerakan dan keadaan yang terjadi pada tubuh Anda!

✓ Perlu Diketahui

Lebih dari 200 kuman atau kotoran keluar dari saluran pernapasan ketika bersin.

Terkadang kita mengalami bersin-bersin, misalnya saat udara berdebu. Bersin merupakan usaha tubuh untuk mengeluarkan benda asing (kotoran atau kuman) dari saluran pernapasan. Proses ini merupakan proses ekspirasi yang mendadak. Otot-otot perut mengalami kontraksi secara tiba-tiba, sehingga isi perut mendorong diafragma ke atas. Keadaan ini mengakibatkan rongga dada mengecil secara tiba-tiba dan tekanan dalam paru-paru menjadi tinggi sehingga udara dikeluarkan dengan keras dari paru-paru. Seringkah Anda mengalami peristiwa ini? Jika iya, apa yang Anda rasakan?

E FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI FREKUENSI PERNAPASAN

Proses inspirasi dan ekskresi berlangsung sebanyak 15 sampai dengan 18 kali setiap menit, tetapi frekuensi ini pada setiap orang berbeda-beda, karena dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut.

1. Umur

Untuk mengetahui pengaruh umur terhadap frekuensi pernapasan, Anda dapat membandingkan pernapasan antara orang tua dengan anak-anak. Manakah frekuensi pernapasannya yang lebih banyak, orang tua ataukah anak-anak? Lebih banyak pada anak-anak, bukan? Mengapa demikian? Hal ini disebabkan anak-anak masih dalam usia pertumbuhan sehingga banyak memerlukan energi. Oleh sebab itu, kebutuhannya akan oksigen juga lebih banyak dibandingkan orang tua.

2. Jenis Kelamin

Coba Anda bandingkan pengaruh faktor ini pada teman-teman sekelas Anda. Lebih cepat mana frekuensi pernapasan antara laki-laki dan perempuan? Mestinya frekuensi pernapasan laki-laki lebih cepat daripada perempuan. Mengapa terjadi demikian? Ingat kembali penjelasan di atas! Bahwa semakin banyak energi yang dibutuhkan, berarti semakin banyak pula O_2 yang diambil dari udara. Hal ini terjadi karena laki-laki umumnya beraktivitas lebih banyak daripada perempuan.

3. Suhu Tubuh

Jika dihubungkan dengan kebutuhan energi, ada hubungan antara pernapasan dengan suhu tubuh, yaitu bahwa antara kebutuhan energi dengan suhu tubuh berbanding lurus. Artinya semakin tinggi suhu tubuh, maka kebutuhan energi semakin banyak pula sehingga kebutuhan O_2 juga semakin banyak.

4. Posisi Tubuh

Posisi tubuh seseorang akan berpengaruh terhadap kebutuhan energinya. Coba Anda bandingkan posisi antara orang yang berbaring dengan orang yang berdiri! Manakah yang lebih banyak frekuensi antara keduanya? Tentunya orang yang berdiri lebih banyak frekuensi pengambilan O_2 karena otot yang berkontraksi lebih banyak sehingga memerlukan energi yang lebih banyak pula.

5. Kegiatan Tubuh

Untuk membuktikan pengaruh faktor ini, Anda dapat melakukan perbandingan antara orang yang bekerja dengan orang yang tidak bekerja. Mana yang lebih banyak frekuensi bernapasnya? Jika diperhatikan, orang yang melakukan aktivitas kerja membutuhkan energi. Berarti semakin berat kerjanya maka semakin banyak kebutuhan energinya, sehingga frekuensi pernapasannya semakin cepat.

Untuk lebih memahami dan membuktikan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pernapasan, coba lakukan Kegiatan Kelompok 2 berikut!

KEGIATAN KELOMPOK 3

Tujuan :

1. Membandingkan frekuensi pernapasan seseorang
2. Membandingkan tingkat frekuensi pernapasan dengan kegiatan manusia

Alat : jam/*stopwatch*

Cara Kerja :

1. Carilah tiga orang teman Anda untuk terlibat dalam kegiatan ini.
2. Dari ketiga orang tersebut, berikanlah dalam waktu yang bersamaan untuk melakukan hal-hal berikut.
 - a. Orang I dalam keadaan santai atau istirahat.
 - b. Orang II melakukan aktivitas lari kecil selama 5 menit.
 - c. Orang III melakukan aktivitas naik turun tangga selama 5 menit.
3. Setelah ketiga perlakuan di atas, hitunglah frekuensi pernapasannya setiap menit.

4. Catatlah hasilnya pada tabel di bawah ini.

Kegiatan	Frekuensi pernapasan per menit
1. Santai 2. Lari kecil 3. Naik turun	

4. Dari hasil pengamatan berdasarkan isian pada tabel di atas, Anda dapat membandingkan pernapasan antara ketiganya. Adakah terdapat perbedaan antara ketiganya? Bagaimana hubungan antara frekuensi pernapasan dengan jenis kegiatan kita?
5. Buatlah kesimpulan dari kegiatan ini, dan konsultasikan kesimpulan Anda itu pada guru pengampu.

F VOLUME UDARA PERNAPASAN

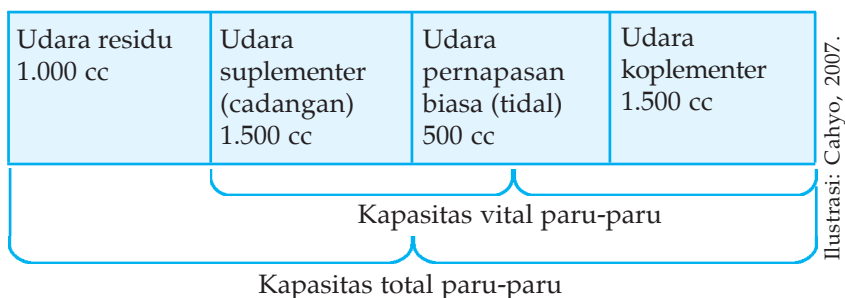
Anda telah mengetahui bahwa frekuensi pernapasan antara seseorang dengan orang lain berbeda-beda. Begitu pula volume udara pernapasan antara orang satu dengan lainnya juga tidak sama. Hal ini ditentukan oleh ukuran paru-paru, kekuatan bernapas, dan cara bernapas. Untuk mengatur volume udara yang keluar masuk paru-paru digunakan suatu alat yang disebut *spirometer*.

Dalam keadaan biasa, udara yang diisap dan dikeluarkan manusia sebanyak 500 cc. Sebenarnya tidak seluruh udara sampai ke dalam paru-paru, tetapi hanya 350 cc saja, sedangkan 150 cc hanya sampai pada saluran pernapasan.

Setelah kita menghirup udara pernapasan biasa sebanyak 500 cc tersebut, ternyata kita masih dapat menarik napas sedalam-dalamnya, sebanyak 1500 cc yang disebut dengan *udara komplementer*. Ketika kita mengeluarkan napas biasa sebanyak 500 cc, setelah itu ternyata kita dapat menghembuskan napas sekuat-kuatnya, sebanyak 1.500 cc yang disebut *udara suplementer* (cadangan). Walaupun sudah menghembuskan napas sekuat-kuatnya, ternyata masih ada udara yang tertinggal dalam paru-paru sebanyak 1.000 cc. Udara ini disebut *udara residu*.

Jika kita menghirup napas sedalam-dalamnya kemudian menghembuskannya sekuat-kuatnya, maka volume udara yang masuk keluar sebesar 3.500 cc dan disebut *kapasitas vital paru-paru*. Adapun jumlah volume udara

yang berada dalam paru-paru sebanyak 4.500 cc disebut *kapasitas total paru-paru*. Untuk memahami penjelasan ini perhatikan bagan berikut!



Gambar 6.11 Volume udara pada pernapasan

Di dalam rongga hidung, faring, laring, trakea, brokus, dan bronkiolus terdapat ruangan udara yang bervolume kira-kira 150 cc. Ruangan ini tidak berhubungan langsung dengan alveoli sehingga tidak turut dalam proses respirasi eksternal. Ruangan ini disebut *dead speace*. Volume tidal (pernapasan) 500 cc tidak semua mencapai alveoli. Udara yang masuk alveoli sebanyak $500 \text{ cc} - 150 \text{ cc} = 350 \text{ cc}$.

Dalam keadaan normal sewaktu istirahat, seseorang akan bernapas sebanyak 12 kali per menit. Bila dihubungkan dengan volume pernapasan maka terdapat beberapa istilah yang perlu diketahui, yaitu sebagai berikut.

1. Ventilasi pulmonal, yaitu volume tidal dikalikan dengan jumlah pernapasan per menit.
 $500 \text{ cc} \times 12 = 6.000 \text{ mil per menit.}$
2. Ventilasi alveoli, yaitu volume udara yang masuk alveoli dikalikan jumlah pernapasan per menit.
 $(500 \text{ cc} - 150 \text{ cc}) \times 12 = 4.200 \text{ mil per menit.}$

Untuk lebih memahami tentang kapasitas paru-paru, lakukanlah Kegiatan Kelompok 4 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 4

Kapasitas Paru-Paru

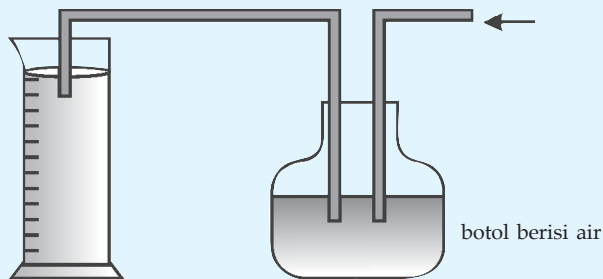
Tujuan: Mengukur kapasitas paru-paru

Alat dan Bahan:

1. Botol besar	3. Gelas ukur 2 liter
2. Selang plastik	4. air

Cara Kerja :

1. Susunlah alat-alat seperti gambar di bawah ini!



Gambar Rangkaian percobaan mengukur kapasitas paru-paru

Keterangan : Agar percobaan dapat berjalan dengan lancar, slang plastik harus tepat masuk dalam tutup botol.

2. Siapkan botol besar seperti pada gambar, kemudian isilah dengan air, dan berilah tanda permukaannya.
3. Tutuplah mulut botol dengan tutupnya.
4. Masukkan 2 selang melewati tutup botol tersebut. Selang yang panjang dihubungkan dengan gelas ukur, sedangkan selang yang pendek dihubungkan dengan mulut Anda.
5. Melalui selang yang pendek tersebut, hembuskanlah udara kuat-kuat sekali saja.
6. Ukurlah volume air yang mengalir ke dalam gelas ukur.
7. Isilah lagi botol dengan air melewati gelas ukur sampai dengan batas yang telah Anda beri tanda sebelumnya.
8. Catatlah penambahan volume air tersebut! Volume air tersebut merupakan volume udara yang menunjukkan kapasitas paru-paru.
9. Ulangilah percobaan di atas untuk orang yang berbeda!
10. Buatlah tabel untuk mencatat hasilnya! Samakah hasil untuk masing-masing orang?
11. Buatlah kesimpulan dari kegiatan ini, kemudian konsultasikan kesimpulan itu pada guru Anda!

G

PROSES PERTUKARAN OKSIGEN DAN KARBONDIOKSIDA

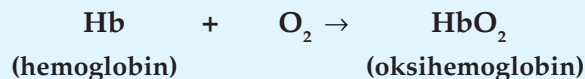
Telah dijelaskan sebelumnya, bahwa bernapas merupakan pengambilan udara masuk berupa oksigen (O_2) ke dalam paru-paru yang disebut proses *inspirasi* dan mengeluarkannya kembali dalam bentuk karbon dioksida (CO_2) dan uap air yang disebut proses *ekspirasi*. Pada proses tersebut terjadi pertukaran gas secara *difusi*. Proses yang pertama yaitu pertukaran O_2 dari udara dalam alveolus dengan CO_2 dalam kapiler darah yang disebut dengan pernapasan luar (*pernapasan eksternal*), sedangkan proses yang kedua adalah pertukaran O_2 dari aliran darah dengan CO_2 dari sel-sel jaringan tubuh yang disebut pernapasan dalam (*pernapasan internal*).

1. Pernapasan Eksternal

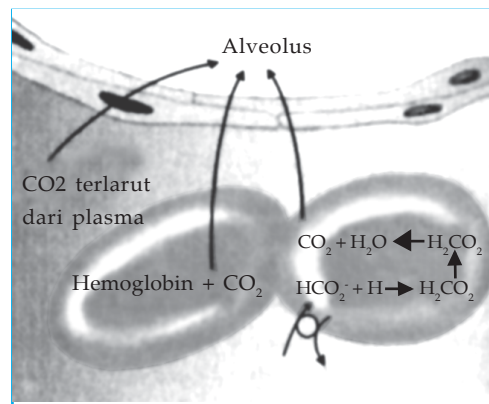
Pernapasan eksternal merupakan pertukaran O_2 dari udara dengan CO_2 dari kapiler darah dalam alveolus seperti terlihat pada Gambar 6.12. Pada sistem pernapasan eksternal O_2 di dalam alveolus masuk ke kapiler arteri darah dengan cara berdifusi. Proses difusi ini dapat berlangsung karena perbedaan tekanan parsial antara O_2 dalam alveolus dengan O_2 dalam kapiler darah.

Tekanan parsial O_2 dalam alveolus lebih tinggi dibanding O_2 dalam kapiler darah. Proses difusi akan terjadi dari daerah yang bertekanan parsial tinggi ke daerah yang bertekanan parsial rendah.

Di dalam kapiler arteri darah O_2 kemudian akan diikat oleh hemoglobin. Proses pengikatan O_2 oleh hemoglobin melalui reaksi sebagai berikut.



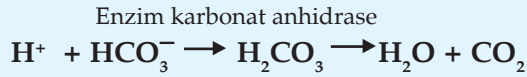
Oksigen atau O_2 yang diikat hemoglobin akan dibawa ke seluruh tubuh untuk diberikan ke sel (mitokondria) untuk proses oksidasi. Oksidasi dalam sel akan menghasilkan CO_2 yang kemudian akan diangkut lewat kapiler vena darah menuju alveolus. CO_2 dalam alveolus ini akan dikeluarkan lewat



Gambar 6.12 Pernapasan eksternal

Sumber: Biologi. Reaven Jhonson, 2003

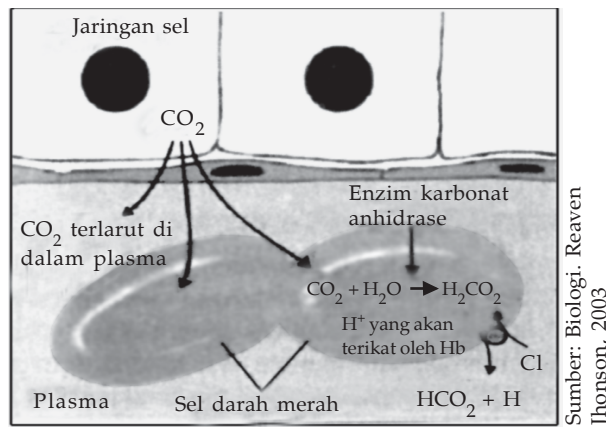
paru-paru. CO_2 diangkut sebagai ion bikarbonat (HCO_3^-). Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Reaksi tersebut bisa berjalan dengan baik karena adanya enzim karbonat anhidrase, yang terdapat dalam sel-sel darah merah.

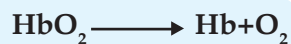
2. Pernapasan Internal

Pernapasan internal, yaitu proses pertukaran O_2 dan CO_2 dari kapiler darah ke sel-sel tubuh, seperti terlihat pada Gambar 6.13!

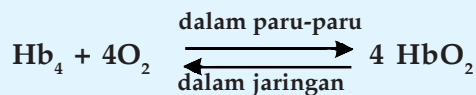


Gambar 6.13 Mekanisme pertukaran O_2 dan CO_2 pada pernapasan eksternal.

Pada pernapasan internal O_2 yang sudah terikat pada hemoglobin dalam bentuk oksihemoglobin diangkut menuju sel.



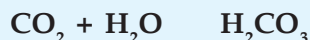
Hemoglobin dalam darah berfungsi untuk mengikat dan melepaskan oksigen. Reaksi yang terjadi adalah:



Selanjutnya, oksihemoglobin akan melepaskan O_2 ke dalam jaringan tubuh atau sel. Kemudian O_2 akan diterima oleh mitokondria untuk oksidasi. Semakin banyak O_2 yang masuk ke dalam sel maka semakin banyak pula CO_2 yang dihasilkan dari proses oksidasi. CO_2 akan berdifusi masuk ke kapiler vena darah. CO_2 ini akan diangkut oleh kapiler vena darah menuju alveolus.

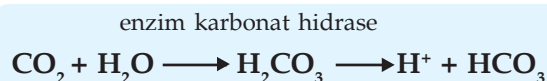
Pengangkutan CO₂ tersebut melalui tiga cara berikut.

- a. CO₂ larut dalam plasma dan membentuk asam karbonat, reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Cara seperti ini dilakukan, tetapi persentase terjadinya hanya 5%.

- b. CO₂ diangkut dengan membentuk karbominohemoglobin. CO₂ ini berdifusi ke dalam sel darah merah dan berikatan dengan Amin (-NH₂). Amin merupakan protein dari hemoglobin. Proses seperti ini dilakukan, tetapi persentase terjadinya 30%.
- c. CO₂ diangkut dalam bentuk ion bikarbonat (HCO₃⁻). Proses ini berantai dan disebut pertukaran klorida. CO₂ bersenyawa dengan air membentuk asam karbonat, yang mengurai menjadi H⁺ + HCO₃⁻. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Reaksi itu dapat berjalan dengan baik karena adanya enzim karbonat anhidrase. HCO₃⁻ akan keluar dari sel darah merah dan masuk plasma darah. Kedudukan HCO₃⁻ diganti dengan ion klorida. Proses seperti ini paling sering dilakukan, persentase terjadinya proses ini sekitar 65%.

O₂ yang masuk ke dalam jaringan kemudian akan diberikan pada mitokondria (organel sel) untuk respirasi seluler (lihat kembali bagan di depan). Dari respirasi seluler itulah energi dihasilkan. Tetapi dalam peristiwa ini tidak hanya O₂ saja yang diperlukan, melainkan juga makanan.

Coba Anda lihat kembali bagan pada Gambar 6.1 pada awal bab. Ternyata ada kerja sama yang sinergis antara sistem pernapasan dan sistem pencernaan untuk melaksanakan proses oksidasi biologi guna menghasilkan energi. Energi yang dihasilkan dalam bentuk ATP. Coba Anda ingat kembali apakah fungsi energi (ATP) tersebut?

H PERNAPASAN BUATAN

Seseorang bisa mengalami kesulitan bernapas, misalnya karena pingsan atau tenggelam. Untuk itu diperlukan napas buatan untuk membantu orang tersebut bernapas. Langkah-langkah memberikan napas buatan seperti berikut.

1. Membuka Jalan Napas ke Paru-Paru

Langkah ini dilakukan dengan cara antara lain membaringkan korban dengan posisi terlentang, leher korban diangkat ke atas sehingga dagu korban tegak ke atas.

2. Melakukan Pernapasan Buatan

Langkah ini dilakukan dengan cara, antara lain:

- menarik napas dalam-dalam kemudian letakkan mulut pada mulut korban. Pijitlah hidung korban kemudian hembuskan udara sekuat-kuatnya ke mulut korban;
- apabila mulut korban tertutup rapat maka hembuskan udara lewat hidung dan usahakan mulut tidak terbuka;
- lakukanlah langkah tersebut di atas kira-kira 12 kali per menit.

3. Melakukan Pemijatan Jantung

Langkah ini bertujuan untuk melancarkan peredaran darah. Usaha ini dilakukan dengan cara berikut.

- Letakkan pangkal telapak tangan di dada korban.
- Tekanlah dada korban ke bawah.
- Lakukanlah dengan frekuensi 60 kali per menit.

I KELAINAN-KELAINAN PADA SISTEM PERNAPASAN

Sistem pernapasan manusia bisa mengalami gangguan atau kelainan karena sebab-sebab tertentu. Kelainan tersebut bisa disebabkan oleh infeksi kuman, faktor bawaan, ataupun kebiasaan hidup yang salah.

Kelainan atau gangguan pada sistem pernapasan manusia, antara lain seperti berikut.

1. Asma

Sebagian besar penyakit asma merupakan penyakit bawaan. Kambuhnya penyakit ini, antara lain karena udara kotor, udara dingin, alergi sesuatu benda, ataupun stress. Seseorang yang menderita penyakit ini ketika kambuh, otot-otot bronkusnya berkontraksi sehingga akan mengakibatkan penyempitan saluran pernapasan. Gejala penyakit ini, antara lain sulit bernapas, bunyi napas mendesah, dan batuk-batuk.

2. Sinusitis

Penyakit ini terjadi akibat peradangan yang terjadi pada sebelah atas rongga hidung (sinus paranasalis). Gejalanya berupa hidung tersumbat, ingus berbau, berwarna kuning hijau, dan sakit di daerah sinus yang terserang.

3. Rinitis

Penyebab penyakit ini, yaitu adanya radang yang terjadi pada rongga hidung. Peradangan tersebut menyebabkan terjadinya bengkak pada rongga hidung dan mengeluarkan lendir. Peradangan ini dapat terjadi karena alergi terhadap benda tertentu.

4. Bronkitis

Penyakit bronkitis terjadi karena adanya radang pada selaput *lendir*, trakea, dan saluran bronkia. Gejala yang mengiringi penyakit ini, antara lain demam, dada terasa nyeri, dan mengalami batuk.

5. Tonsilitis

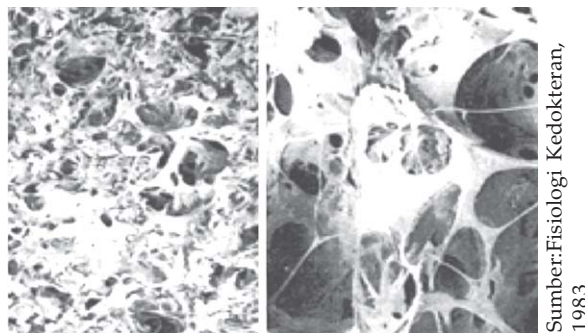
Penyebab penyakit ini, yaitu adanya pembengkakan kelenjar limfe di daerah tekak. Akibat pembengkakan tersebut menyebabkan penyempitan pada saluran pernapasan. Terjadinya pembengkakan dikarenakan infeksi suatu bakteri. Gejala penyakit ini, antara lain demam, tenggorokan nyeri sehingga sulit menelan, dan nyeri otot.

6. Tuberculosis (TBC)

TBC termasuk penyakit menular. Penyakit ini disebabkan karena bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Seseorang yang menderita penyakit ini akan mengalami peradangan pada dinding alveolus sehingga difusi O_2 akan terganggu.

7. Emfisema

Pada penderita emfisema, pada bagian alveolus robek, akibatnya pertukaran gas ke bagian-bagian alveolus terganggu dan daerah pertukaran gas menjadi lebih sempit. Anda dapat membedakan struktur paru-paru penderita emfisema dengan paru-paru orang yang normal pada Gambar 6.14!



Gambar 6.14 Perbedaan paru-paru penderita emfisema (kanan) dengan paru-paru normal (kiri)

Sumber: Fisiologi Kedokteran,
1983

8. Difteri

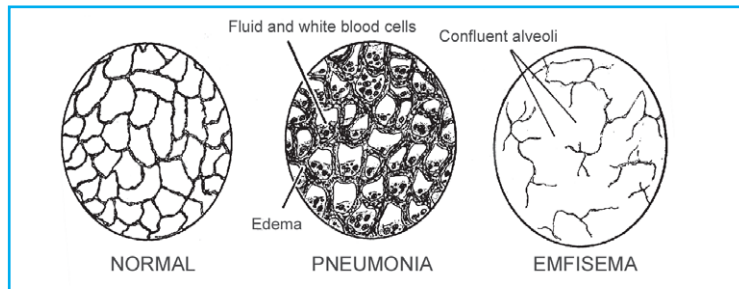
Seseorang yang menderita penyakit ini, pada bagian laring dan bronkusnya mengalami penyumbatan berupa lendir. Sekresi lendir ini disebabkan oleh bakteri difteri.

9. Asfiksi

Penyakit asfiksi mengakibatkan seseorang mengalami gangguan dalam pengangkutan oksigen.

10. Pneumonia

Pada penderita pneumonia bagian alveolus terisi banyak lendir yang disebabkan terinfeksi dinding alveolus oleh bakteri. Coba Anda perhatikan struktur paru-paru penderita pneumonia pada Gambar 6.15 berikut!



Gambar 6.15 Perbedaan paru-paru pada pneumonia dan emfisema

Sumber: Fisiologi Kedokteran, 1983

J SISTEM PERNAPASAN PADA HEWAN (BURUNG)

Hewan memiliki alat pernapasan yang berbeda-beda. Pada uraian berikut ini kita akan mempelajari tentang sistem pernapasan pada burung.

1. Struktur Alat Pernapasan Burung

Alat-alat pernapasan pada burung agak berbeda dengan manusia. Struktur pernapasan pada burung tersebut antara lain seperti berikut.

a. Lubang Hidung Luar

Lubang hidung luar terdapat pada pangkal paruh sebelah atas dan berjumlah sepasang.

b. Lubang Hidung Dalam

Lubang hidung dalam terdapat pada langit-langit rongga mulut.

c. Celah Tekak

Celah tekak terdapat pada faring dan menghubungkan trakea.

d. Trakea

Trakea tersusun dari tulang-tulang rawan yang berbentuk lingkaran. Trakea ini akan bercabang menjadi bronkus kanan dan kiri. Tempat percabangan ini disebut dengan *bifurkasi trakea*. Bronkus ini kemudian akan menghubungkan siring dengan paru-paru.

e. Siring

Siring merupakan alat suara yang terdapat pada bifurkasi trakea. Siring tersusun dari otot *sterno trakealis* dan otot *siringalis*. Otot sterno trakealis berfungsi untuk menghubungkan tulang dada dengan trakea, sedangkan otot siringalis berfungsi untuk menghubungkan siring dengan dinding trakea dalam. Apabila lipatan berupa selaput sebelah dalam rongga siring bergetar, maka akan menghasilkan suara

f. Paru-Paru

Paru-paru burung terdapat sepasang dan menempel di dinding dada bagian dalam. Paru-paru ini berukuran relatif kecil dibandingkan ukuran tubuhnya. Paru-paru burung tersusun oleh:

- 1) Bronkus primer yang berhubungan dengan mesobronkus.
- 2) Mesobronkus adalah bronkiolus yang paling besar. Mesobronkus memiliki cabang yaitu dua set bronkus sekunder anterior (*ventrobronkus*) dan bronkus sekunder posterior (*porsobronkus*). Antara bronkus sekunder anterior dan posterior dihubungkan oleh parabronkus. *Parabronkus* pada burung memiliki ± 1.000 buah dan masing-masing bergaris tengah $\pm 0,5$ mm.

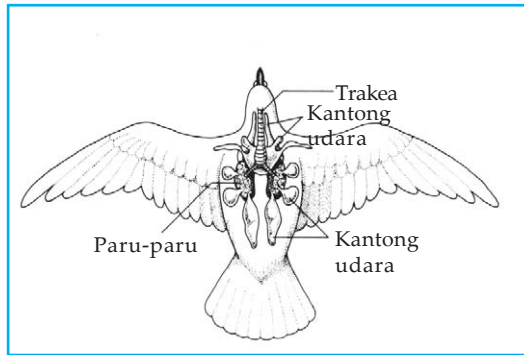
Paru-paru dibungkus oleh selaput pleura dan berhubungan dengan kantong udara pada alat dalam. Kantong udara disebut *sakus pneumatikus* dan terdapat pada pangkal leher, rongga dada, ketiak, dan antartulang korakoid. Kantong udara berfungsi antara lain:

- 1) untuk bernapas pada saat terbang;
- 2) membantu memperkeras suara karena dapat memperbesar ruang siring;
- 3) mencegah kedinginan dengan menyelubungi alat-alat dalam dengan rongga udara;
- 4) mengurangi panas badan agar tidak banyak yang hilang;
- 5) pada saat berenang dapat memperbesar dan memperkecil berat jenis tubuhnya.

Kantong udara pada burung berjumlah 9, antara lain:

- 1) 2 buah kantong udara di leher;

- 2) 1 buah kantong udara di antara tulang selangka;
 - 3) 2 buah kantong udara di dada depan;
 - 4) 2 buah kantong udara di dada belakang;
 - 5) 2 buah kantong udara di perut.
- Agar lebih jelas perhatikan Gambar 6.16 berikut ini.



Sumber: Biologi Kimball, 1992.

Gambar 6.16 Alat pernapasan burung

2. Proses Pernapasan pada Burung

Proses pernapasan pada burung meliputi tahap-tahap berikut.

a. Pernapasan Saat Istirahat

Pada saat istirahat, terjadi proses inspirasi dan ekspirasi.

1) Proses Inspirasi

- a) Pengambilan udara adalah dimulai dari adanya pergerakan tulang rusuk ke arah depan bawah.
- b) Rongga dada membesar tetapi tekanan udara mengecil.
- c) Diikuti mengembangnya paru-paru dan mengecilnya tekanan di dalam rongga paru-paru.
- d) Akibatnya udara masuk ke dalam paru-paru melalui saluran pernapasan antara lain lewat lubang hidung luar, lubang hidung dalam, celah tekak, trakea, siring, dan terakhir udara masuk ke paru-paru.
- e) Setelah udara masuk ke paru-paru, udara akan masuk ke dalam parabronkus.
- f) Di dalam parabronkus terjadi pertukaran O_2 dan CO_2 semua udara yang masuk sebagian udara masuk ke dalam paru-paru dan sebagian udara lainnya masuk ke kantong udara.

2) Proses Ekspirasi Saat Istirahat

- a) Tulang rusuk kembali ke posisi semula
- b) Otot-otot dada bekerja dengan mengecilkan rongga dada, sedangkan tekanan rongga dada menjadi besar.
- c) Ruang dari paru-paru menjadi tertekan sehingga menjadi sempit sedangkan tekanan dalam ruang paru-paru menjadi besar.
- d) Udara ke luar dari kantong udara dan paru-paru.
- e) Saat udara melewati paru-paru terjadi difusi O_2 dan CO_2 lagi.

b. Pernapasan Saat Terbang

Pada saat terbang pernapasan burung tidak menggunakan paru-paru, melainkan kantong udara antartulang korakoid, prosesnya sebagai berikut.

- 1) Pada saat burung terbang mengangkat sayapnya, maka mengakibatkan kantong udara antartulang korakoid terjepit tetapi kantong udara yang terletak di bawah ketika mengembang.
- 2) Udara masuk ke kantong udara yang berada di bawah ketiak.
- 3) Terjadi proses masuknya udara (inspirasi) yang ditandai dengan terjadinya difusi O_2 dan CO_2 dalam paru-paru.
- 4) Pada saat burung menurunkan sayapnya mengakibatkan kantong udara yang berada di bawah ketiak terjepit sehingga menyebabkan kantong udara antartulang korakoid mengembang.
- 5) Kemudian udara masuk ke dalam kantong udara antartulang korakoid.
- 6) Sehingga terjadilah ekspresi yang juga ditandai terjadinya difusi O_2 dan CO_2 .

RANGKUMAN

1. Organ pernapasan manusia meliputi hidung, laring, trakea, bronkus, bronkiolus, dan alveolus (paru-paru).
2. Respirasi pada manusia meliputi respirasi eksternal dan respirasi internal.
3. Proses pertukaran gas di dalam tubuh terjadi secara difusi.
4. Ada dua macam pernapasan pada manusia, yaitu pernapasan dada dan perut.
5. Pengangkutan CO_2 dari jaringan melalui tiga proses, yaitu sebagai berikut.
 - a. CO_2 larut dalam plasma dan membentuk asam karbonat.
 - b. CO_2 diangkut dengan membentuk karbominohemoglobin.
 - c. CO_2 diangkut dalam bentuk ion bikarbonat.
6. Frekuensi pernapasan manusia dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, suhu tubuh, posisi tubuh, dan kegiatan tubuh.
7. Proses pertukaran O_2 dan CO_2 di dalam tubuh melalui pernapasan eksternal dan pernapasan internal.
8. Alat pernapasan pada burung yaitu paru-paru dan kantong udara.

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Oksigen yang dihirup oleh manusia akan digunakan dalam proses metabolisme untuk menghasilkan energi, yaitu proses
 - a. siklus Krebs
 - b. ekspirasi
 - c. transpirasi
 - d. glikolisis
 - e. inspirasi
2. Organ pernapasan yang berperan sebagai alat penyaring dan penghangat adalah
 - a. elveolus
 - b. bronkiolus
 - c. bronkus
 - d. hidung
 - e. trakea
3. Alat pernapasan manusia terdiri atas
 - a. hidung, trakea, laring, dan paru-paru
 - b. hidung, faring, trakea, dan paru-paru
 - c. hidung, faring, laring, trakea, dan paru-paru
 - d. hidung, larin, dan paru-paru
 - e. hidung, faring, laring, dan paru-paru
4. Proses difusi oksigen dari alveolus menuju kapiler darah terjadi karena
 - a. tekanan partikel karbon dioksida dalam darah lebih rendah dibanding dengan di dalam alveolus
 - b. konsentrasi oksigen dalam udara lebih rendah dari tekanan di dalam darah
 - c. tekanan partikel oksigen di dalam alveiolus lebih tinggi daripada di dalam darah
 - d. alveolus mengandung udara segar
 - e. tekanan partikel oksigen di dalam alveolus lebih rendah daripada di dalam darah
5. Bagian dari sistem yang respirasi yang rusak pada penderita enfisema adalah
 - a. bronkiolus
 - b. alveolus
 - c. membran pleura
 - d. laring
 - e. trakea

6. Dinding yang paling tipis pada sistem respirasi adalah alveolus yang berperan dalam
 - a. perubahan volume paru-paru
 - b. keluar masuknya udara
 - c. proses difusi gas
 - d. memperluas permukaan paru-paru
 - e. keelastisan paru-paru
7. Dalam keadaan istirahat, udara yang dimasukkan ke dalam paru-paru (alveolus) melalui inspirasi sebanyak ... cm³.
 - a. 500
 - b. 1.000
 - c. 1.500
 - d. 3.500
 - e. 4.500
8. Karbondioksida sebagai hasil sampingan pembongkaran senyawa organik akan diangkut oleh darah ke paru-paru dalam bentuk
 - a. CO dan CO₂ yang larut dalam Hb
 - b. HCO₃⁻ dalam darah
 - c. karbominohemoglobin dalam darah
 - d. HbCO₂ dalam darah
 - e. senyawa karbohidrat oleh darah
9. Kadar asam laktat dalam otot meningkat ketika tubuh kekurangan
 - a. glukosa
 - b. oksigen
 - c. H₂CO₃
 - d. energi
 - e. CO₂
10. Pernapasan eksternal adalah pertukaran
 - a. udara bebas dengan udara dalam darah
 - b. oksigen di udara bebas dengan udara dalam rongga hidung
 - c. oksigen dari udara bebas dengan CO₂ dalam rongga paru-paru
 - d. oksigen dalam darah dengan CO₂ dalam jaringan
 - e. oksigen dalam alveolus dengan CO₂ dalam kapiler darah alveolus

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Sebut dan jelaskan organ-organ yang menyusun sistem pernapasan pada manusia!
2. Ada berapa macam cara pernapasan yang dapat Anda lakukan? Jelaskan prosesnya masing-masing!
3. Jelaskan tentang respirasi ekstraseluler dan respirasi interseluler!
4. Apakah perbedaan yang terjadi pada proses respirasi aerob dan anaerob?
5. Bagaimana proses pengangkutan CO₂ di dalam tubuh manusia?

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Bagaimanakah cara kerja paru-paru kita saat menghirup dan menghembuskan udara ketika bernapas?
2. Sebut dan jelaskan kelainan yang terjadi pada sistem pernapasan manusia!
3. Apakah hubungan antara polusi udara dengan gangguan pernapasan? Jelaskan disertai alasan yang tepat!
4. Salah satu penyakit pada sistem pernapasan adalah asma. Apakah yang dimaksud penyakit asma? Jika suatu saat Anda melihat seseorang yang tiba-tiba terserang asma, tindakan apa yang dapat Anda lakukan untuk menolongnya?
5. Suatu ketika Anda melihat seseorang yang tenggelam dalam air. Apa yang harus segera dilakukan untuk menolong orang tersebut? Usaha apakah yang dapat dilakukan agar orang itu tidak kesulitan bernapas?

BAB

7

SISTEM EKSKRESI

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada alat-alat ekskresi dan gangguan/penyakit yang dapat terjadi pada alat-alat itu. Dengan mempelajari materi ini, Anda akan dapat mengetahui dan memahami keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada alat-alat ekskresi dan gangguan kesehatan yang terjadi pada alat-alat itu, sehingga bisa berusaha mencegahnya serta dapat mengimplikasinya dengan sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat.

Sumber: Foto Haryana, 2007



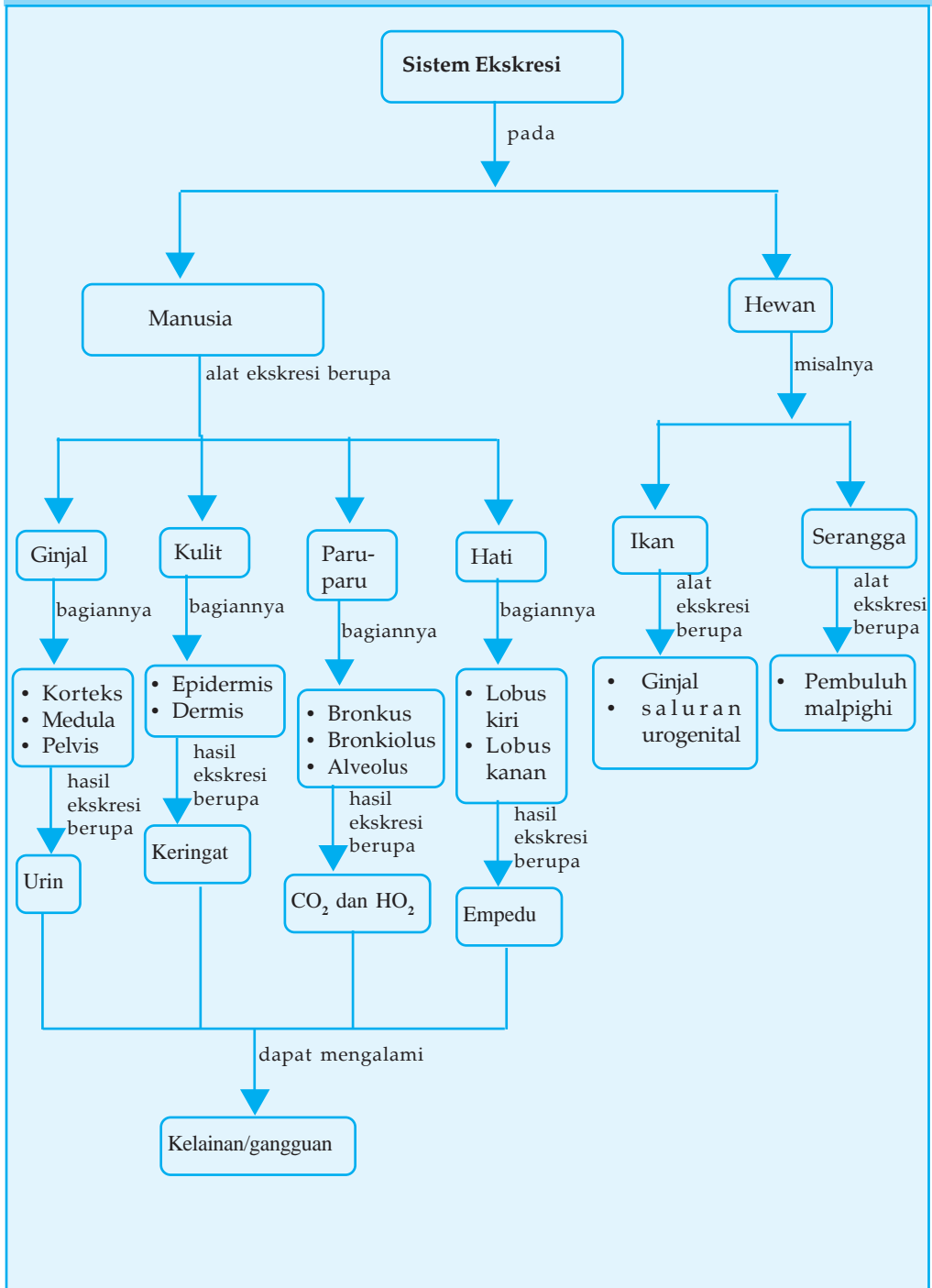
Gambar 7.1 Berolahraga

Kata Kunci

- ginjal
- glomerulus filtrasi
- kapsul bowman
- absorpsi
- kulit
- paru-paru
- hati

Perhatikan Gambar 7.1! Gambar itu menunjukkan aktivitas olahraga. Sehabis berolahraga kita akan mengeluarkan keringat. Mengapa bisa demikian? Aktivitas olahraga memerlukan banyak energi. Energi tersebut dihasilkan dari proses metabolisme. Selain menghasilkan energi, proses metabolisme juga menghasilkan zat sisa yang berupa sampah atau kotoran. Melalui keringat inilah sampah tubuh dapat dibuang dari dalam tubuh. Jika tidak terbuang maka kotoran tersebut akan menumpuk di dalam tubuh dan akan membahayakan bagi tubuh.

PETA KONSEP



Setiap hari kita membutuhkan beberapa kebutuhan pokok, seperti makan, minum, dan bernapas. Tanpa melakukan aktivitas itu, manusia akan mati. Makanan dan udara yang kita masukkan ke dalam tubuh digunakan dalam proses-proses metabolisme tubuh. Proses metabolisme dalam tubuh menghasilkan zat buangan atau zat sisa hasil dari proses oksidasi. Coba Anda bayangkan jika zat tersebut tidak dapat terbuang dari tubuh? Apa yang akan terjadi?

Dari kasus itu kita dapat mengetahui bahwa ternyata sistem buangan/ ekskresi tubuh penting sekali. Apabila zat-zat sisa itu tidak terbuang dan selalu menumpuk di dalam tubuh, alangkah kotornya tubuh kita karena penuh dengan sampah yang menumpuk. Sistem pembuangan zat sisa atau sampah ini sering disebut dengan *sistem ekskresi*.

A SISTEM EKSKRISI PADA MANUSIA

Melakukan ekskresi adalah salah satu ciri makhluk hidup, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Pada tubuh kita, proses ekskresi dilakukan oleh organ-organ khusus. Coba ingat kembali organ-organ tersebut!

Ekskresi merupakan proses pengeluaran zat-zat sisa metabolisme yang sudah tidak digunakan oleh tubuh. Salah satu bentuk ekskresi adalah buang air kecil, hasil buangan itu antara lain berupa urin. Akan tetapi, sebenarnya hasil buangan tidak hanya berupa urin saja. Zat buangan lainnya dapat berupa keringat, gas karbon dioksida, zat warna empedu. Cobalah mengamati tubuh Anda sendiri, bagian-bagian mana dari alat-alat tubuh Anda yang mengeluarkan zat-zat tersebut?

Zat-zat sisa metabolisme merupakan zat sampah yang harus dibuang dari tubuh. Zat-zat itu antara lain:

1. urin dikeluarkan oleh ginjal,
2. keringat dikeluarkan oleh kelenjar keringat melalui kulit,
3. karbon dioksida dikeluarkan oleh paru-paru, dan
4. empedu dikeluarkan oleh hati.

1. Ginjal

Organ ginjal merupakan alat ekskresi utama pada tubuh kita.

a. Struktur Ginjal

Untuk memahami struktur ginjal, lakukanlah kegiatan berikut ini!

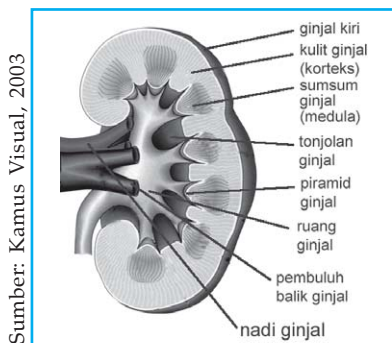
KEGIATAN KELOMPOK 1

Tujuan : Mengamati susunan/struktur anatomi ginjal.

Alat dan Bahan : 1. Ginjal kelinci
2. Gambar model ginjal

Cara kerja:

1. Sembelihlah seekor kelinci dan ambillah ginjalnya.
2. Irislah membujur melalui urutan sampai ginjal membujur seluruhnya.
3. Amatilah struktur organ ginjal tersebut. Jika kurang terlihat jelas bagian-bagiannya, pakailah alat bantu penglihatan/kaca pembesar.
4. Gambarlah hasil pengamatan Anda.
5. Bandingkan dengan model gambar ginjal yang sudah disediakan.



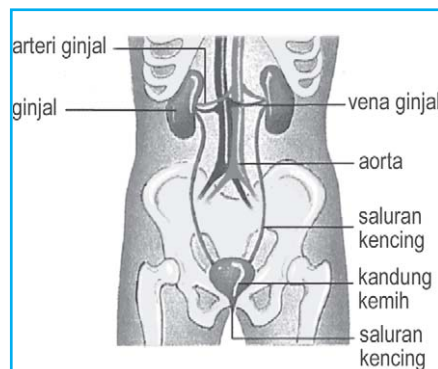
Gambar 7.2 Ginjal

Dengan melakukan kegiatan di atas, berarti Anda sudah dapat melihat dan memahami bentuk dan struktur organ ginjal.

Cobalah bandingkan gambar hasil pengamatan Anda dengan Gambar 7.2. Ginjal merupakan organ yang berbentuk seperti kacang merah. Pada manusia, ginjal berukuran sebesar kepalan tangan, yaitu berukuran panjang 10 sampai 12 cm, lebar 5– 6 cm, dan tebal 3 – 4 cm dengan berat sekitar 140 gram. Ginjal terdapat 1 pasang yang terletak di bagian dorsal dinding tubuh sebelah kiri dan

kanan tulang belakang. Letak ginjal pada tubuh dapat Anda lihat pada Gambar 7.3!

Pada potongan melintang ginjal, terlihat bagian-bagian yang berbeda. Bagian-bagian tersebut dari luar ke dalam adalah *korteks*, *medula*, dan *pelvis*. Pada bagian korteks dan medula ginjal terdapat sekitar 1 juta nefron. Nefron merupakan satuan struktur dan fungsional paling kecil dari ginjal. Nefron ini berfungsi sebagai alat penyaring.



Gambar. 7.3
Organ-organ pada pembentukan urin

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

Nefron berbentuk seperti cacing berkepala besar dengan tubuh bagaikan elang yang berkelok-kelok. Pada bagian kepala terdapat saringan halus yang hanya dapat dilewati oleh zat-zat tertentu saja. Sel darah dan protein darah tidak dapat melewati saringan ini karena ukurannya lebih besar.

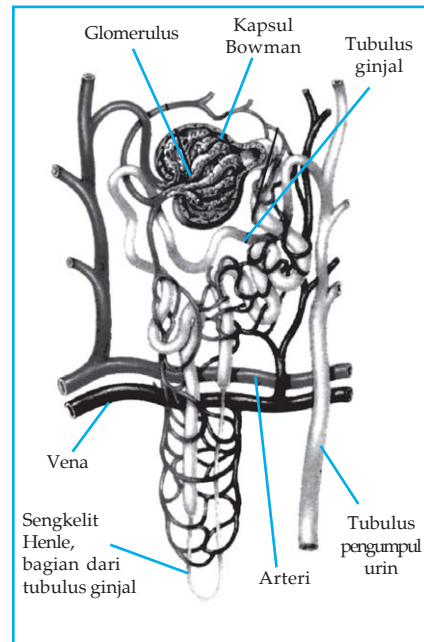
Anda tentu mengetahui bahwa sel darah dan protein darah sangat penting bagi tubuh kita. Ingat kembali pembahasan tentang sistem transpor! Coba Anda bayangkan jika kedua unsur tersebut dapat melewati saringan pada nefron, apakah yang akan terjadi? Pikirkan!

Susunan nefron terdiri atas bagian-bagian berikut.

- 1) *Badan malpighi*, yang meliputi kapsul Bowman dan glomerulus.
- 2) *Tubulus kontortus* yang meliputi tubulus proksimal, Henle, dan tubulus distal.

Sebagian tubulus berbentuk berkelok-kelok, dan sebagian lurus. Bagian pertama tubulus berkelok-kelok yang disebut dengan *tubulus proksimal*. Setelah itu terdapat lengkung Henle. Tubula berkelok-kelok lagi sebagai kelokan yang kedua yang disebut *tubula distal* kemudian bersambung dengan tubula penampung yang melintasi korteks dan medula. Agar lebih jelas lihatlah Gambar 7.4.

Masing-masing nefron terdiri atas badan malpighi. Pada malpighi ini terdapat bagian yang disebut kapsula Bowman yang berbentuk mangkuk dan di dalamnya terdapat *glomerulus*. Di dalam glomerulus ini terdapat kapiler-kapiler darah.



Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

Gambar 7.4 Struktur Nefron

b. Fungsi Ginjal

Sebagai salah satu alat ekskresi, peran ginjal sangat penting dan tak dapat digantikan oleh organ lain. Jika seseorang mengalami disfungsi ginjal, maka ia harus menggunakan alat pengganti untuk menjalankan fungsinya, yaitu dengan melakukan transplantasi (pencangkokan) ginjal yang baru. Jika tidak, maka orang itu harus menjalani cuci darah seumur hidup. Dengan demikian kita harus berusaha menjaga organ ini agar tidak mengalami kerusakan (gangguan).

Dalam tubuh kita, ginjal berfungsi sebagai berikut.

1) Menyaring/Membersihkan Darah

Bagian ginjal yang menjalankan fungsi ini adalah nefron. Tanpa ginjal, maka seseorang akan mati sebab tubuhnya diracuni oleh kotoran yang dihasilkan tubuhnya sendiri.



Perlu Diketahui

Ginjal dilalui sekitar 1200 ml darah setiap menit. Ini berarti seperlima dari darah yang keluar dari jantung dalam setiap kali pompa masuk ginjal. Mengapa begitu banyak? Sebab ginjal adalah alat pembersih darah.

2) Mengatur Volume Darah

Darah dapat mengatur jumlah cairan yang terlarut dalam darah sehingga volume dipertahankan untuk selalu seimbang di dalam tubuh. Tanpa kontrol dari ginjal ini, maka kemungkinan terburuk dalam tubuh akan terjadi, yaitu tubuh menjadi kering karena kekurangan cairan tubuh atau tubuh tenggelam karena kebanjiran akibat cairan dalam tubuh menumpuk tak terbuang.

3) Mendaur Ulang Air, Mineral, Glukosa, dan Gizi

Ginjal akan mempertahankan zat-zat penting yang ikut masuk ke dalam nefron bersama cairan darah, lalu mengembalikannya ke peredaran darah. Tapi ginjal tidak menyerap kembali zat-zat ini jika jumlahnya berlebih dalam darah.

4) Mengatur Keseimbangan Kandungan Kimia Darah

Salah satu contoh fungsi pengatur ini adalah mengatur kadar garam dalam darah. Garam cenderung mengikat air sehingga jika kadar dalam gula darah berlebih mengakibatkan penumpukan cairan yang berlebihan dalam darah dan rongga sela antarsel tubuh. Jika demikian, maka anggota tubuh seperti wajah, tangan, dan kaki akan membengkak. Akibat lain yaitu memperberat tugas jantung dalam memompa darah karena adanya cairan dalam darah tersebut. Berdasarkan alasan itu maka ginjal akan mengeluarkan kadar garam yang berlebih dalam darah agar seimbang kembali.

Ginjal juga mengatur kadar kalium dalam darah. Apabila kadar kalium dalam darah berkurang, maka ginjal akan menyerap kembali kalium tersebut. Sebaliknya, jika jumlah kalium berlebih ginjal akan membuangnya.

Zat lain yang perlu dijaga keseimbangannya adalah urea yang merupakan limbah pencernaan protein, karena urea yang berlebih dapat mengakibatkan keracunan yang disebut penyakit *uremia*.

5) Menjaga Darah agar Tidak Terlalu Asam

Ginjal berperan dalam menjaga pH darah agar tidak terlalu asam.

6) Penghasil Hormon

Hormon yang dihasilkan adalah hormon eritropoietin yang berfungsi untuk merangsang peningkatan laju pembentukan sel darah merah oleh sumsum tulang.

Untuk memahami peranan ginjal, lakukanlah kegiatan di bawah ini!

KEGIATAN KELOMPOK 2

Tujuan : Mengetahui dan memahami peranan ginjal sebagai organ ekskresi.

Alat dan bahan:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Urin | 4. Kertas penguji glukosa |
| 2. Air | 5. Tabung reaksi |
| 3. Larutan perak nitrat 10% | 6. Beakerglass kecil |

Penyelidikan Urea

Cara kerja:

1. Siapkan urin, kemudian larutkan dengan 50 ml air.
2. Dari larutan di atas, ambillah 5 ml dan masukkan ke tabung reaksi.
3. Kemudian tambahkan pada tabung reaksi tersebut dengan larutan perak nitrat 10%.
4. Amatilah perubahan yang terjadi pada larutan dalam tabung. Jika terdapat gumpalan putih, maka urin mengandung klorida.

Penyelidikan Glukosa

1. Sediakan urin dan masukkan dalam beakerglass ukuran kecil.
2. Masukkan kertas penguji glukosa ke dalam beakerglass yang berisi urin dengan kedalaman 4 cm.
3. Ambillah kertas penguji dan biarkan selama 1 menit sampai timbul warna.
4. Amatilah warna untuk mengetahui kadar kandungan glukosa. Buatlah laporan praktikum ini dalam bentuk tabel.

Pertanyaan:

Dari kegiatan di atas, Anda dapat melihat bahwa dalam urin terdapat kandungan zat-zat yang terbuang dari tubuh. Mengapa zat-zat tersebut dibuang? Analisislah!

5. Konsultasikan jawaban yang Anda peroleh dari kegiatan ini pada guru yang membimbing!

c. Proses Pembentukan Urin

Sebagai alat ekskresi, ginjal berperan dalam proses pembentukan urin. Pembentukan urin melalui serangkaian proses yang panjang dan tahap-tahap tertentu, yaitu sebagai berikut.

1) Filtrasi

Pada tahap ini, terjadi penyaringan zat beracun yang terjadi di badan malpighi. Pada badan malpighi ini, kapsul Bowman menyaring zat-zat dari darah yang ada di glomerulus. Darah itu masih banyak mengandung air, garam, gula, urea, dan lain-lain. Setelah mengalami penyaringan, terbentuklah filtrat glomerulus. Filtrat ini disebut urin primer.

Di dalam urin primer ini masih terkandung banyak zat yang diperlukan oleh tubuh. Zat-zat ini antara lain glukosa, garam-garam urea, asam amino, asam urat, kecuali protein tidak ditemukan di sini. Sebanyak 99% filtrat glomerulus ini nantinya masih akan diserap kembali.

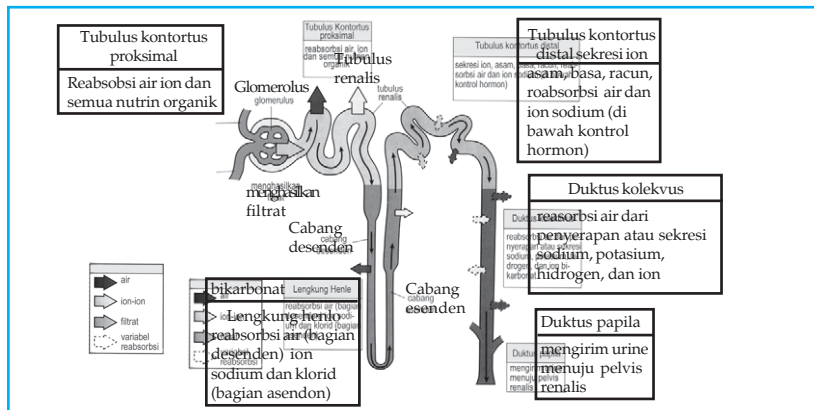
2) Reabsorpsi

Urin primer dari glomerulus selanjutnya dialirkan menuju *tubulus proksimal*. Di sini, urin primer ini mengalami penyerapan kembali zat-zat yang masih digunakan oleh tubuh, antara lain glukosa, asam amino, dan air. Zat-zat yang diserap kembali akan dikembalikan ke dalam darah melewati kapiler darah di sekitar *tubulus*, juga terjadi penyerapan natrium di lengkung Henle, sisanya akan membentuk urin sekunder. Di dalam urin sekunder tidak terdapat zat yang berguna. Di sini ditemukan kadar urea yang tinggi.

3) Augmentasi

Urin sekunder yang telah terbentuk kemudian dialirkan ke dalam tubulus distal. Di sini terjadi proses *augmentasi*, yaitu penyerapan air dan penambahan zat-zat seperti ion H^+ , K^+ , kreatinin dan urea dalam urin sehingga urin hanya berisi zat-zat yang benar-benar sudah tidak berguna lagi. Melalui proses augmentasi inilah akan terbentuk urin yang sesungguhnya. Urin ini akan dikumpulkan melalui pembuluh pengumpul ke rongga ginjal kemudian dialirkan ke kandung kencing atau *vesika urinaria*, melalui saluran ureter.

Di dalam kandung kencing, urin mengalami penampungan sementara di sana. Setelah itu, urin akan dikeluarkan melewati saluran uretra menuju lubang seni. Untuk memahami ketiga proses itu, lihat dan cermati Gambar 7.5!



Gambar 7.5 Proses pembentukan urin

Sumber: Essentials of Anatomy Physiology, 2000

Kadang-kadang ditemukan kasus pada urin seseorang terkandung protein. Jika hal demikian terjadi, bagian manakah dari ginjal yang tidak dapat berfungsi dengan baik? Sudah dijelaskan di atas bahwa protein tidak berada pada urin primer sehingga ketika terjadi penyaringan pada kapsul Bowman, bagian glomerulus tidak berfungsi dengan baik.

Setiap hari sekitar 1700 liter darah masuk ke ginjal. Dari volume darah itu, menyebabkan cairan masuk pada nefron kurang lebih 170 liter. Dari 170 liter cairan itu, sebesar 168,3 liter di antaranya diserap kembali oleh ginjal, sedangkan sisanya sebanyak 1,7 liter akan dikeluarkan dalam bentuk urin.

d. Komposisi Urin

Urin merupakan zat buangan sisa metabolisme. Zat-zat yang terkandung di dalam urin antara lain seperti berikut.

1) Ureum

Ureum merupakan hasil akhir dari metabolisme protein. Ureum berasal asam amino yang tidak mengandung asam amoniak lagi, karena amoniaknya sudah dipindahkan ke hati. Ureum disekresikan rata-rata 30 gram per hari.



Perlu Diketahui

- Setiap menitnya, seperempat darah yang dipompa oleh jantung kurang lebih sebanyak 1,2 liter, darah mengalir ke ginjal dan mengalami proses-proses filtrasi di dalam ginjal.
- Air kencing yang dihasilkan tubuh yang sehat adalah steril. Pada kasus seseorang yang terdesak berada di padang pasir yang panas tanpa air maka air kencing dapat digunakan sebagai pengganti air minum.
- Dalam situasi tertentu, air kencing dapat digunakan sebagai cairan antiseptik.

2) Kreatin

Kreatin merupakan zat hasil buangan dari otot.

3) Asam urat

Asam urat memiliki kadar normal dalam darah kurang lebih 2–3 mg setiap 100 cc. Dari jumlah asam urat di atas sekitar 1,5–2 mg akan dikeluarkan melalui urin setiap hari.

4) Natrium klorida (garam dapur)

Garam seperti natrium dan kalium klorida masuk ke dalam tubuh melalui makanan, untuk mengimbangi jumlah yang masuk melalui mulut maka zat ini akan dikeluarkan melalui urin.

e. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jumlah Urin

Urin terbentuk di dalam tubuh untuk membuang sisa-sisa zat metabolisme yang tidak berguna. Namun demikian, pembentukan urin sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik bagian eksternal maupun internal, antara lain seperti berikut.

1) Jumlah air yang diminum

Semakin banyak air yang diminum jumlah urin semakin banyak. Hal ini dapat Anda amati pada tubuh Anda sendiri. Coba lakukan aktivitas banyak minum dan sebaliknya sedikit minum. Amatilah pengaruhnya terhadap jumlah dan warna air kencing!

Apabila banyak air yang diminum, akibatnya penyerapan air ke dalam darah sedikit, sehingga pembuangan air jumlahnya lebih banyak dan air kencing akan terlihat bening dan encer. Sebaliknya apabila sedikit air yang diminum, akibatnya penyerapan air ke dalam darah akan banyak sehingga pembuangan air sedikit dan air kencing berwarna lebih kuning.

2) Jumlah garam yang dikeluarkan dari darah

Supaya tekanan osmotik tetap, semakin banyak konsumsi garam maka pengeluaran urin semakin banyak.

3) Konsentrasi hormon insulin

Jika konsentrasi insulin rendah, orang akan sering mengeluarkan urin. Kasus ini terjadi pada orang yang menderita kencing manis. Coba analisislah mengapa penderita kencing manis sering buang air kecil?

4) Hormon antidiuretik (ADH)

Hormon ini dihasilkan oleh kelenjar hipofisis bagian belakang. Jika darah sedikit mengandung air, maka ADH akan banyak disekresikan ke dalam ginjal, akibatnya penyerapan air meningkat sehingga urin yang terjadi pekat dan jumlahnya sedikit.

Sebaliknya, apabila darah banyak mengandung air, maka ADH yang disekresikan ke dalam ginjal berkurang, akibatnya penyerapan air berkurang pula, sehingga urin yang terjadi akan encer dan jumlahnya banyak.

5) Suhu lingkungan

Ketika suhu sekitar dingin, maka tubuh akan berusaha untuk menjaga suhunya dengan mengurangi jumlah darah yang mengalir ke kulit sehingga darah akan lebih banyak yang menuju organ tubuh, di antaranya ginjal. Apabila darah yang menuju ginjal jumlahnya semakin banyak, maka pengeluaran air kencing pun banyak.

6) Gejala emosi dan stress

Jika seseorang mengalami stress, biasanya tekanan darahnya akan meningkat sehingga banyak darah yang menuju ginjal. Selain itu, pada saat orang berada dalam kondisi emosi, maka kandung kemih akan berkontraksi. Dengan demikian, maka timbullah hasrat ingin buang air kecil.

7) Minuman alkohol dan kafein

Alkohol dapat menghambat pembentukan hormon antidiuretika. Coba ingat kembali fungsi hormon ini! Seseorang yang banyak minum alkohol dan kafein, maka jumlah air kencingnya akan meningkat.

f. Kelainan pada Ginjal

Pada uraian di depan telah dijelaskan bahwa ekskresi penting dilakukan oleh tubuh kita. Akan tetapi, akibat faktor-faktor tertentu, proses ekskresi pada ginjal dapat mengalami gangguan. Beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sistem ekskresi adalah sebagai berikut.

1) Diabetes Melitus

Pada penderita ini, dalam urinnya mengandung gula. Mengapa terjadi demikian? Di dalam tubuh penderita diabetes melitus, terdapat kadar hormon insulin yang menurun. Masih ingatkah Anda apa fungsi hormon insulin?



Perlu Diketahui

- Rasa haus terjadi apabila tubuh kehilangan banyak cairan, misalnya keringat. Selain itu bisa pula disebabkan karena meningkatnya kadar garam dalam darah, karena garam cenderung mengikat air.
- Hewan tidak pernah meminum air lebih dari jumlah yang dibutuhkan untuk menormalkan kembali kadar kandungan air dalam tubuhnya.

Akibat berkurangnya hormon insulin, maka darah akan banyak mengandung glukosa. Glukosa dalam darah yang berlebihan tidak semuanya mampu direabsorpsi sehingga masih ikut bersama urine.

2) Diabetes Insipidus

Penyakit ini disebabkan karena jumlah ADH dalam tubuh seseorang menurun. Coba ingat kembali fungsi ADH yang sudah dijelaskan di depan! Penderita penyakit ini akan sering buang air kecil, bisa mencapai 20 - 30 kali lebih banyak dari orang sehat.

3) Batu Ginjal

Batu ginjal terbentuk dari kalsium dan asam urat. Pemicu penyakit ini antara lain karena sedikit minum dan sering menahan kencing, sehingga zat tersebut akan mengendap. Selain itu, penyakit batu ginjal juga dapat disebabkan akibat kelainan dalam metabolisme tubuh. Batu ginjal ini biasanya berada di dalam ginjal atau kandung kencing.

4) Albuminuria

Penyakit ini disebabkan akibat adanya kerusakan alat-alat filtrasi pada ginjal, sehingga urin masih mengandung senyawa albumin atau protein.

5) Anuria

Anuria merupakan penyakit akibat adanya kerusakan pada glomerulus. Coba jelaskan, apa yang terjadi jika glomerulus rusak? Ingat kembali fungsi glomerulus! Oleh karenanya, urin tidak dapat diproduksi.

✓ Perlu Diketahui

Gejala Awal Penyakit Ginjal

- Perubahan frekuensi kencing
- Pembengkakan pada bagian kaki
- Lemah dan lesu
- Ada darah dalam air seni (urin)
- Nafsu makan turun, mual, dan muntah, serta sulit tidur

Yang baik dilakukan:

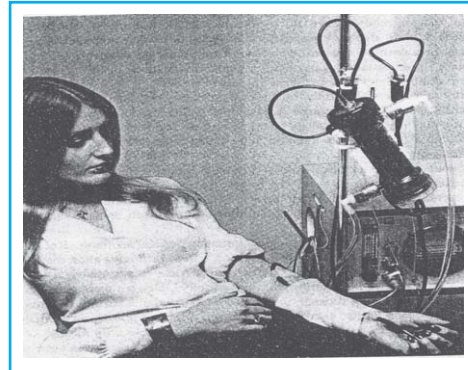
1. Mengobati dan mengendalikan penyakit yang sedang diderita. Seperti diketahui, diabetes, hipertensi, batu ginjal, lupus, dan infeksi, berpotensi terhadap gagal ginjal. Oleh karena itu, obati dan kendalikanlah penyakit-penyakit tersebut.
2. Mengendalikan makan. Makanan disesuaikan dengan kondisi ginjalnya, sehingga tidak membuat kerja ginjal berat.
3. Tidak minum terlalu banyak dan disesuaikan dengan air seni yang keluar.
4. Mengurangi makanan yang asin-asin, karena garam memiliki sifat menahan air.
5. Usahakan untuk berjalan kaki selama 30 menit, 3 kali seminggu. Tidak perlu impulsif, hanya untuk menggerakkan kaki saja.
6. Melakukan cek ureum dan kreatinin secara rutin, paling tidak 1 bulan sekali.
7. Mematuhi nasihat dokter.

Sumber:

Kompas, Selasa, 24 April 2007.

6) Nefritis

Penyakit *nefritis* disebabkan adanya infeksi bakteri tertentu pada glomerulus, akibatnya glomerulus akan mengalami gangguan. Pada keadaan ini, filtrat banyak mengandung protein, sehingga urin masih mengandung protein. Selain itu, ureum yang seharusnya terbuang, akan masuk kembali ke dalam darah dan akibatnya penyerapan air terganggu. Akhirnya, air akan tertimbun pada kaki sehingga menyebabkan kaki membengkak yang disebut edema.



Sumber: Biologi 2 Kimball, 1999

Gambar 7.6 Proses kerja ginjal buatan

Apabila terjadi kelainan pada ginjal yang menyebabkan disfungsi ginjal atau gagal ginjal maka seseorang harus menjalani cangkok ginjal atau melakukan cuci darah di samping merupakan upaya untuk mengganti fungsi ginjal.

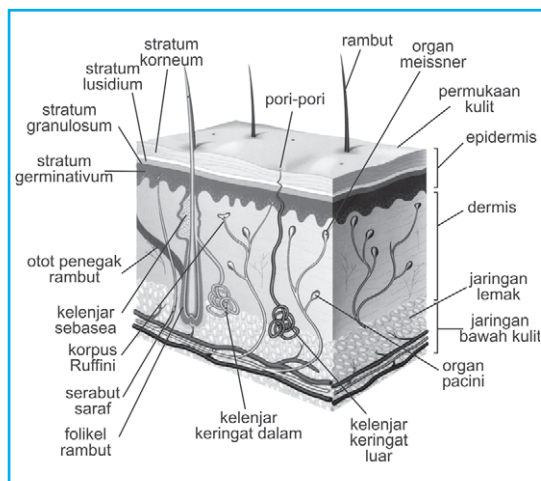
2. Kulit

Kulit merupakan bagian permukaan luar dari tubuh kita. Oleh sebab itu, kulit sering berinteraksi dengan lingkungan. Jika kita perhatikan pada permukaan kulit akan kita temukan rambut-rambut lembut yang muncul dari pori-pori.

a. Lapisan Kulit Manusia

Kulit manusia terdiri atas beberapa lapisan. Untuk memahaminya perhatikan Gambar 7.7!

Dari gambar itu dapat diketahui bahwa organ kulit terdiri atas beberapa lapis jaringan berikut.



Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar 7.7 Struktur kulit

1) Epidermis (Kutikula)

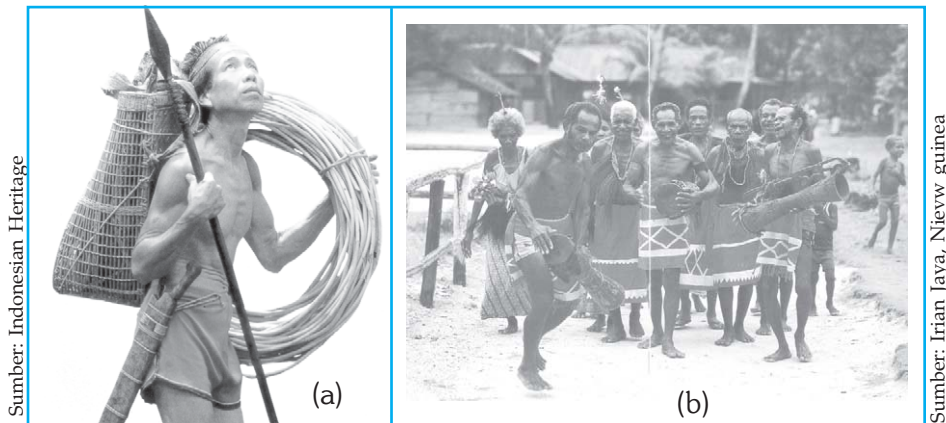
Epidermis merupakan lapisan terluar dari kulit, yang memiliki struktur tipis dengan ketebalan sekitar 0,07 mm terdiri atas beberapa lapisan, antara lain seperti berikut.

- a) *Stratum korneum* yang disebut juga lapisan zat tanduk. Letak lapisan ini berada paling luar dan merupakan kulit mati. Jaringan epidermis ini disusun oleh 50 lapisan sel-sel mati, dan akan mengalami pengelupasan secara perlahan-lahan, digantikan dengan sel telur yang baru.
- b) *Stratum lusidum*, yang berfungsi melakukan “pengecatan” terhadap kulit dan rambut. Semakin banyak melanin yang dihasilkan dari sel-sel ini, maka warna kulit akan menjadi semakin gelap. Coba Anda perhatikan kulit orang “suku Dani di Irian dengan suku Dayak di Kalimantan pada Gambar 7.8!

✓ Perlu Diketahui

Diperkirakan bahwa hingga usia 70 tahun seseorang akan kehilangan sekitar 20 kg sel-sel epidermis yang telah mati.

Lapisan ini tidak mempunyai pembuluh darah, sehingga makanan diperoleh dari sel-sel di bawahnya yaitu dermis. Sehingga semakin jauh letaknya dari dermis maka sel-selnya akan semakin kering dan kasar. Sel-sel ini bersifat menyerap air, sehingga seseorang yang terlalu lama berendam dalam air akan terlihat telapak tangan dan kaki menjadi keriput.



Sumber: Indonesian Heritage

Sumber: Irian Jaya, Nieww guinea

Gambar 7.8 Suku Dayak (a) dan Suku Dani (b)

Jika dikaitkan dengan hal ini apa yang terjadi pada kulit dari kedua suku tersebut? Selain memberikan warna pada kulit, melanin ini juga berfungsi untuk melindungi sel-sel kulit dari sinar ultraviolet matahari yang dapat membahayakan kulit. Walaupun sebenarnya dalam jumlah yang tepat sinar ultraviolet ini bermanfaat untuk mengubah lemak tertentu di kulit menjadi vitamin D, tetapi dalam jumlah yang berlebihan sangat berbahaya bagi kulit.

Kadang-kadang seseorang menghindari sinar matahari di siang hari yang terik, karena ingin menghindari sinar ultraviolet ini. Hal ini disebabkan karena ternyata sinar ultraviolet ini dapat membuat kulit semakin hitam. Berdasarkan riset, sinar ultraviolet dapat merangsang pembentukan melanosit menjadi lebih banyak untuk tujuan perlindungan terhadap kulit. Sedangkan jika kita lihat seseorang mempunyai kulit kuning langsung, ini disebabkan orang tersebut memiliki pigmen karoten.



Perlu Diketahui

Pada kulit seluas 1 cm² terdapat 65 helai rambut, 100 kelenjar minyak, 650 buah kelenjar keringat, 1500 saraf indera dan beberapa meter pembuluh darah.

- c) *Stratum granulosum*, yang menghasilkan pigmen warna kulit, yang disebut melamin. Lapisan ini terdiri atas sel-sel hidup dan terletak pada bagian paling bawah dari jaringan epidermis.
- d) *Stratum germinativum*, sering dikatakan sebagai sel hidup karena lapisan ini merupakan lapisan yang aktif membelah. Sel-selnya membelah ke arah luar untuk membentuk sel-sel kulit teluar. Sel-sel yang baru terbentuk akan mendorong sel-sel yang ada di atasnya selanjutnya sel ini juga akan didorong dari bawah oleh sel yang lebih baru lagi. Pada saat yang sama sel-sel lapisan paling luar mengelupas dan gugur.

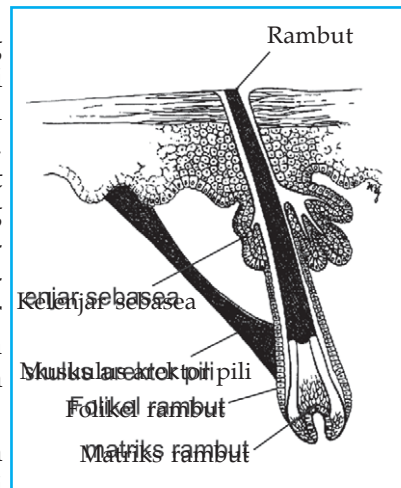
2) Dermis (Kulit Jangat)

Jaringan dermis memiliki struktur yang lebih rumit daripada epidermis, yang terdiri atas banyak lapisan. Jaringan ini lebih tebal daripada epidermis yaitu sekitar 2,5 mm. Dermis dibentuk oleh serabut-serabut khusus yang membuatnya lentur, yang terdiri atas kolagen, yaitu suatu jenis protein yang membentuk sekitar 30% dari protein tubuh. Kolagen akan berangsur-angsur berkurang seiring dengan bertambahnya usia. Itulah sebabnya seorang yang sudah tua tekstur kulitnya kasar dan keriput.

Lapisan dermis terletak di bawah lapisan epidermis. Lapisan dermis terdiri atas bagian-bagian berikut.

a) Akar Rambut

Di sekitar akar rambut terdapat otot polos penegak rambut (*Musculus arektor pili*), dan ujung saraf indera perasa nyeri. Udara dingin akan membuat otot-otot ini berkontraksi dan mengakibatkan rambut akan berdiri. Adanya saraf-saraf perasa mengakibatkan rasa nyeri apabila rambut dicabut.



Sumber: Diagnostik Fisik, 1995

Gambar 7.9
Folikel rambut dan struktur sekitarnya

b) Pembuluh Darah

Pembuluh darah banyak terdapat di sekitar akar rambut. Melalui pembuluh darah ini akar-akar rambut mendapatkan makanan, sehingga rambut dapat tumbuh.

c) Kelenjar Minyak (*glandula sebacea*)

Kelenjar minyak terdapat di sekitar akar rambut. Adanya kelenjar minyak ini dapat menjaga agar rambut tidak kering.

d) Kelenjar Keringat (*glandula sudorifera*)

Kelenjar keringat dapat menghasilkan keringat. Kelenjar keringat berbentuk botol dan bermuara di dalam folikel rambut. Bagian tubuh yang banyak terdapat kelenjar keringat adalah bagian kepala, muka, sekitar hidung, dan lain-lain. Kelenjar keringat tidak terdapat dalam kulit tapak tangan dan telapak kaki.

e) Serabut Saraf

Pada lapisan dermis terdapat puting peraba yang merupakan ujung akhir saraf sensoris. Ujung-ujung saraf tersebut merupakan indera perasa panas, dingin, nyeri, dan sebagainya.

Jaringan dermis juga dapat menghasilkan zat *feromon*, yaitu suatu zat yang memiliki bau khas pada seorang wanita maupun laki-laki. Feromon ini dapat memikat lawan jenis.

b. Fungsi Kulit

Kulit merupakan organ ekskresi tempat pengeluaran keringat. Bagian dari kulit yang berfungsi untuk hal ini adalah kelenjar keringat. Pernahkah Anda berpikir, mengapa pada saat udara panas kita banyak mengeluarkan keringat? Ternyata hal itu terkait dengan fungsinya, yaitu sebagai pengatur suhu tubuh. Keringat yang dikeluarkan dapat menyerap panas tubuh, untuk mempertahankan panas tubuh agar stabil. Pangkal dari kelenjar keringat terletak berdekatan dengan kapiler darah. Air dan garam mineral yang berada pada kapiler darah akan diserap oleh kelenjar keringat, dan dikeluarkan dalam bentuk keringat.

Selain sebagai alat ekskresi, kulit juga berfungsi sebagai berikut.

1) Melindungi Tubuh dari Panas, Kuman, dan Gesekan Dari Luar

Kulit bagaikan benteng yang dikelilingi penuh dengan musuh yang selalu siap menerobos masuk jika ada bagian dari benteng tersebut yang terbuka. Musuh tersebut adalah kuman. Apabila kuman-kuman ini dapat masuk ke dalam tubuh dan ikut dalam peredaran darah maka akan membahayakan tubuh. Misalnya *Staphylococcus aerus* dapat menyebabkan berbagai macam penyakit antara lain jerawat, bisul sampai, infeksi paru-paru.

2) Mengatur Suhu Tubuh

Kulit dapat mendinginkan dan menghangatkan tubuh. Coba Anda perhatikan kulit Anda ketika suhu udara terlalu dingin atau panas! Bagaimana keadaannya? Pada saat udara dingin maka pembuluh darah kulit akan menutup sehingga darah tidak mengalir ke sana akibatnya kulit kelihatan pucat. Kondisi ini bertujuan untuk membantu agar panas tubuh tidak mudah hilang sehingga darah dapat terlindungi. Dalam kondisi ini, kelenjar keringat pun akan tertutup rapat untuk mencegah pembetukan keringat.

Adapun pada keadaan suhu tubuh meningkat, maka ujung-ujung saraf pada kulit akan membuka, akibatnya banyak darah mengalir ke kulit dengan tujuan untuk didinginkan oleh udara di sekitarnya. Itulah sebabnya seseorang tampak memerah pada saat kepanasan.

3) Mengatur Pengeluaran Air

Kulit dapat mengontrol kehilangan air dari dalam tubuh, karena jika tubuh kehilangan air secara berlebihan maka akan membahayakan tubuh. Kadang-kadang ditemukan seseorang mengalami pingsan setelah mengikuti upacara bendera di terik panas matahari. Hal ini disebabkan karena pengeluaran keringat yang berlebihan sehingga mengakibatkan kondisi yang disebut “lapar garam”.

c. Kelainan pada Kulit

Kulit dapat mengalami gangguan, di antaranya, jerawat, bisul, flek (noda hitam) dan kanker kulit. Timbulnya jerawat dan bisul disebabkan karena produksi kelenjar minyak yang berlebihan sehingga menyumbat salurannya. Karena saluran keluarnya tersumbat maka banyak minyak yang tertinggal di dalam kulit dan menjadi makanan bagi bakteri tertentu, maka muncullah jerawat atau bisul. Flek atau noda hitam di wajah, dapat terjadi karena daerah-daerah tertentu yang bersifat peka terhadap sinar ultraviolet matahari, sehingga merangsang pigmentasi dan membentuk bercak hitam. Kecenderungan ini terjadi pada orang yang berkulit putih. Adapun kanker kulit dapat juga disebabkan oleh sinar ultraviolet yang berlebihan.

Jaringan kulit dapat mengalami kelainan misalnya luka bakar. Akibat luka bakar ini protein jaringan *terdenaturasi*. Gejalanya adalah bengkak, merah, melepuh, dan menyebabkan rasa sakit di kulit. Luka bakar jika dibiarkan akan menyebabkan infeksi pada jaringan kulit dan gangguan pernapasan.

Hal-hal yang perlu diketahui untuk memberikan pertolongan pada luka bakar yang ringan antara lain seperti berikut.

- 1) Mencelupkan luka bakar ke dalam air dingin untuk mengurangi rasa sakit.

- 2) Kulit melepuh yang telah pecah dibersihkan dengan sabun dan air kemudian diberi obat jenis perak sulfadiazin.
- 3) Lepuh yang pecah tidak perlu dipecahkan karena dapat mengakibatkan infeksi kuman.

- 4) Minum obat antibiotika

Apabila luka bakar tersebut parah dan hebat yang harus dilakukan:

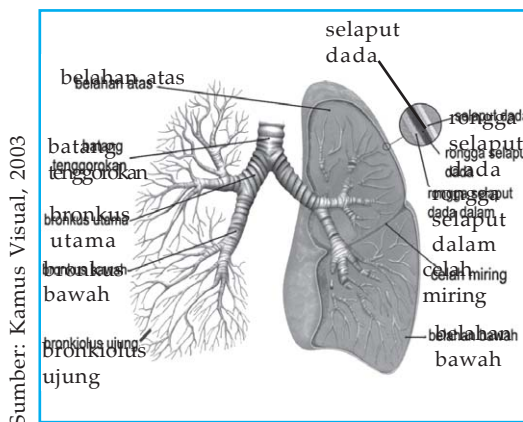
- 1) apabila mengenai saluran pernapasan, maka perlu dilakukan pernapasan buatan agar tidak sesak napas;
- 2) luka-luka dibersihkan agar tidak terinfeksi kuman;
- 3) diberi antibiotika;
- 4) jika penderita shock perlu diberi infus.

3. Paru-Paru

Organ paru-paru secara mendetail telah dibahas pada bab pernapasan. Cobalah Anda ingat kembali materi itu! Paru-paru manusia terdapat di dalam rongga dada, dilindungi oleh tulang rusuk dan berjumlah sepasang. Saluran dari batang tenggorokan bercabang-cabang menuju paru-paru kiri dan kanan. Percabangan saluran yang masuk paru-paru ini disebut *bronkus*.

Masing-masing bronkus bercabang-cabang lagi menjadi *bronkiolus*.

Di dalam paru-paru terdapat *alveolus* atau gelembung-gelembung udara, di sinilah terjadinya pertukaran gas O_2 dan CO_2 . Paru-paru juga dibungkus oleh selaput yang disebut *pleura*. Dengan adanya pleura, maka paru-paru dapat bergerak elastis, mengembang dan mengempis. Paru-paru kanan lebih besar daripada kiri. Berat paru-paru kanan sekitar 620 gram sedangkan kiri 560 gram. Perhatikan Gambar 7.10!



Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar 7.10 Paru-paru

Struktur paru-paru seperti busa yang banyak terdapat rongga-rongga atau kantung kecil, yang disebut alveolus. Alveolus dapat mencapai 600 juta, pada masing-masing paru-paru. Dengan adanya struktur seperti ini maka akan memperluas permukaannya sehingga pertukaran O_2 dan CO_2 di dalam paru-paru dapat menjadi efisien.

Alveolus ini dihubungkan dengan udara luar oleh bronkus, sehingga bronkus bercabang dua, yaitu menghubungkan paru-paru kiri dan kanan. Masing-masing percabangan bronkus akan membentuk *bronkiolus*. Pada ujung bronkiolus inilah terletak alveolus yang tersusun seperti buah anggur.

Kita manusia bernapas menggunakan paru-paru. Ketika bernapas, manusia menghirup oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida. Paru-paru sebagai alat ekskresi berfungsi sebagai tempat pengeluaran CO_2 dan air. Ini terkait juga dengan proses pernapasan. CO_2 dan air hasil proses metabolisme sel diangkut melalui kapiler vena darah dibawa ke bagian alveolus paru-paru, kemudian dibuang lewat proses pernapasan. Agar lebih jelas Anda dapat membuka kembali bab pernapasan.

Seseorang yang terkena penyakit asma, ia akan merasakan sesak napas, hal ini disebabkan bagian bronkus mengalami penyempitan karena otot-ototnya berkontraksi. Biasanya penyakitnya akan kambuh karena adanya reaksi alergi tubuh terhadap benda-benda tertentu misalnya bulu kucing, debu, dan serbuk sari. Pada penderita bronkhitis, bagian bronkus ini tersumbat oleh lendir.

Untuk mengetahui bentuk dan struktur paru-paru lakukan kegiatan di bawah ini!

KEGIATAN KELOMPOK 3

Tujuan : Mengetahui dan memahami bentuk dan struktur paru-paru.

Alat dan Bahan : 1. Paru-paru sapi
2. Model gambar paru-paru
3. Pisau
4. Lup

Cara Kerja.

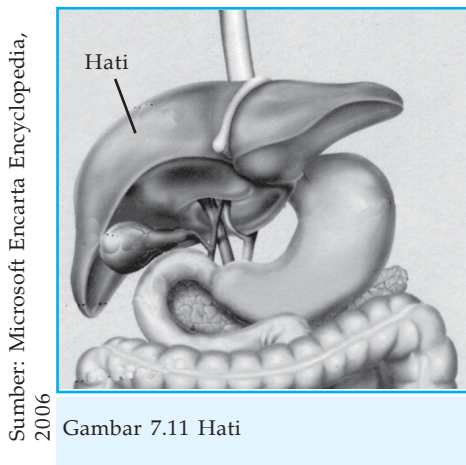
1. Siapkan paru-paru sapi yang bisa Anda beli dari pasar atau supermarket.
2. Bedahlah paru-paru dengan arah membujur sampai terbelah menjadi dua.
3. Carilah dan tunjukkan bagian-bagian yang disebut bronkus, bronkiolus, dan alveolus.

4. Gambarlah struktur paru-paru hasil pengamatan Anda pada buku kerja dan berikan keterangan bagian-bagiannya!
5. Bandingkan dengan model gambar paru-paru yang sudah Anda siapkan!

4. Hati

a. Struktur Hati

Untuk mengetahui dan memahami bentuk dan struktur hati, Anda dapat melihat bentuk hati sapi. Pada manusia, hati berukuran sebesar kepalan tangan dengan berat ± 2 kg.



Hati terdiri atas lobus kiri dan kanan seperti terlihat pada Gambar 7.11. Hati terletak di dalam rongga perut dan merupakan kelenjar terbesar dalam tubuh kita. Hati dilindungi oleh selaput tipis pada bagian luar yang disebut *kapsula hepatis*. Di dalam hati terdapat kelenjar empedu dan pembuluh darah yang dipersatukan oleh selaput tipis yang disebut *Kapsula Gilson*. Sel-sel hati bersatu membentuk *lobula* terdapat kurang lebih 100 ribu lobula. Masing-masing lobula ini mempunyai panjang diameter antara

0,8 - 2 mm. Antara lobula satu dengan yang lain dipisahkan oleh ruangan-ruangan yang disebut *lakuna*. Di dalam hati juga terdapat sel-sel histiosit yang berfungsi untuk merombak sel darah merah yang telah tua.

b. Fungsi Hati

Hati adalah kelenjar tubuh yang juga berfungsi sebagai alat ekskresi, yaitu untuk mengubah zat buangan dan bahan racun untuk dikeluarkan ke dalam empedu dan urin. Selain itu, hati juga berfungsi sebagai berikut.

1) Menawarkan Racun

Tanpa hati, manusia akan mati terbunuh oleh racun yang masuk ke dalam tubuh. Racun-racun tersebut dapat berasal dari obat-obatan, alkohol, asam laktat, dan zat amonia. Salah satu proses metabolisme di dalam tubuh akan memberikan hasil samping berupa asam laktat yang dapat merugikan tubuh. Penumpukan asam laktat ditandai dengan rasa pegal pada otot.

Hati akan mengubah asam laktat ini menjadi *glikogen* yaitu sejenis karbohidrat yang dapat digunakan sebagai sumber energi yang disimpan di dalam otot. Coba Anda ingat lagi pada metabolisme karbohidrat.

Pada proses metabolisme protein akan dihasilkan produk sampingan berupa zat amonia. Zat ini bersifat racun dan membahayakan tubuh. Tetapi kemudian hati mengubahnya menjadi urea dan dikeluarkannya bersama dengan air kencing.

2) Tempat Pembentukan dan Pembongkaran Sel Darah Merah

Hati akan dilewati darah kurang lebih 1,4 liter setiap menit. Pada saat darah melewati hati tersebut maka akan mengalami “pencucian”, sekitar 3 juta sel darah merah mati setiap detik dan ini akan dilebur dan hasil peleburannya akan disimpan untuk didaur ulang sebagai bahan baku dalam membuat sel darah merah baru serta sebagai bahan baku zat empedu.

3) Tempat Pembentukan dan Pembongkaran Protein

Protein larut dalam plasma darah, sekitar 50 gram protein per hari dihasilkan oleh hati.

4) Mengubah Glukosa Menjadi Glikogen atau Sebaliknya

Dengan adanya fungsi hati ini maka kadar gula dalam darah dapat diatur karena kadar gula darah yang tidak tepat akan berakibat fatal bagi tubuh. Pada saat gula darah dalam tubuh naik maka hati mengubahnya ke bentuk glikogen, dan sebaliknya pada saat gula darah turun, glikogen diubah menjadi glukosa.

5) Menghasilkan Zat yang Melarutkan Lemak

Hati menghasilkan sekitar 0,5 – 1 liter zat empedu setiap hari. Zat inilah yang dapat melarutkan lemak. Telah dijelaskan di depan bahwa sel darah yang mati akan didaur ulang sebagai bahan baku untuk membuat sel darah merah dan zat empedu.

Zat empedu ini memiliki pigmen warna merah yang disebut dengan *bilirubin* dan hijau yang disebut dengan *biliverdin*.

Orang yang mengalami kelainan pada hati, kadang-kadang akan menampakkan kulit dan mata yang berwarna kuning, yang disebut dengan penyakit kuning (*jaundice*). Ini disebabkan karena pigmen warna empedu keluar berlebihan dan membanjiri peredaran darah.

6) Untuk Menyimpan Vitamin

Hati menyimpan beberapa vitamin yang masuk ke dalam tubuh apabila jumlahnya berlebihan. Pada saat tertentu ketika tubuh memerlukan maka akan mengeluarkannya. Jenis-jenis vitamin tersebut antara lain vitamin A, D, E, B12.

Begitu besar peranan hati dalam kehidupan kita bukan? Untuk itu kita harus menjaganya dan sedini mungkin mengetahui apabila hati mengalami gangguan. Penyakit hati yang paling membahayakan adalah kanker hati atau dikenal dengan sirosis. Sirosis ini dapat disebabkan oleh penyakit hepatitis yang disebabkan oleh virus. Dapat juga disebabkan karena mengonsumsi alkohol dan kurangnya gizi makanan. Dengan demikian usahakanlah pola hidup sehat, makanan bergizi, dan jauhi alkohol untuk menjaga hati kita.

B. SISTEM EKSKRESI PADA IKAN

Selain manusia, hewan pun melakukan ekskresi. Pada kesempatan ini, Anda hanya akan mempelajari sistem ekskresi pada ikan dan serangga. Bagaimana sistem ekskresi pada kedua hewan itu? Pelajarilah uraian materi berikut ini dengan baik!

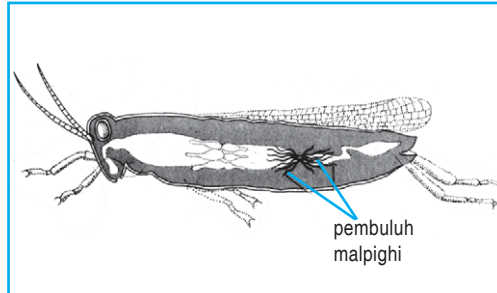
Ikan menggunakan ginjal sebagai alat ekskresi. Ikan mempunyai dua ginjal, bentuknya memanjang dan berwarna merah. Ikan menjaga tekanan osmotiknya dan mencegah pengambilan terlalu banyak garam melalui proses *difusi*. Selain itu, sebagian besar zat buangan nitrogen keluar dari tubuh melalui difusi keluar dari insangnya. Saluran ekskresi ada yang berupa *kloaka* atau saluran *urogenital*.

Pada ikan air tawar, penggunaan energi dapat mengembalikan air ke dalam lingkungan. Hal ini dilakukan untuk menghindari pengenceran dalam tubuhnya. Mereka mencegah kehilangan garam dengan cara difusi dan mengambil air dengan cara osmosis.

Adapun ikan air laut menghadapi lingkungan yang berbeda dengan ikan air tawar, yaitu lingkungan dengan kadar garam yang tinggi. Ikan laut harus menjaga agar tidak terus-menerus kehilangan cairan tubuh. Ikan hiu mengadakan toleransi terhadap tingkatan urea yang tinggi dalam peredaran darahnya, kurang lebih 2,5%. Pada ikan laut yang lain untuk menggantikan kehilangan air dengan cara meminum air laut dan menghilangkan garamnya, untuk dikembalikan ke dalam air laut dengan transpor aktif melalui insang.

C. SISTEM EKSKRESI PADA SERANGGA (BELALANG)

Coba sebutkan jenis serangga yang Anda ketahui! Pada serangga, terdapat alat ekskresi khusus. Alat ekskresi pada serangga berupa *pembuluh malpighi*, yang menempel pada ujung akhir usus. Pembuluh malpighi berupa serabut halus dan berjumlah banyak. Pembuluh ini berwarna putih kekuningan, misalnya terdapat pada belalang atau kecoa. Agar Anda mengetahui lebih jelas alat ekskresi pada serangga, cobalah perhatikan Gambar 7.12.



Sumber: Biologi Kimball, 1992

Gambar 7.12
Alat ekskresi pada belalang

Proses ekskresi berlangsung pada pembuluh malpighi. Urea dan garam-garam dialirkan ke usus. Bahan-bahan yang dapat diserap kembali berupa air dan zat-zat lain yang masih berguna dikembalikan lagi dengan cara osmosis dan tranpor aktif. Bahan buangan nitrogen dikeluarkan lewat usus, kemudian keluar bersama feses melalui anus. Untuk lebih memahami struktur ekskresi serangga, lakukan kegiatan di bawah ini!

KEGIATAN KELOMPOK 4

Tujuan : Mengetahui dan memahami struktur anatomi pada sistem ekskresi serangga.

Alat dan Bahan :

1. Belalang
2. Kloroform
3. Kapas
4. Gunting
5. Papan
6. Kantong plastik
7. Pinset

Cara Kerja:

1. Matikanlah belalang dengan memasukkan ke dalam kantong plastik yang di dalamnya terdapat kapas yang sudah diberi kloroform.

2. Letakkan belalang yang sudah mati tersebut di atas papan bedah, kemudian guntinglah bagian bawah dari anus sampai dada.
3. Dengan menggunakan pinset, carilah bagian-bagian dari pembuluh malpighi.
4. Amatilah apa yang Anda lihat dan gambarlah! Bagaimana ciri-ciri dari alat ekskresi tersebut? Coba jelaskan dengan lengkap di depan kelas!
5. Mintalah saran dan pendapat dari guru yang mengampu!

RANGKUMAN

1. Sistem ekskresi pada manusia terdiri atas ginjal, kulit, paru-paru, dan hati yang berfungsi sebagai organ untuk membuang zat sampah/kotoran sisa metabolisme.
2. Organ ginjal terdiri atas bagian-bagian antara lain *glomerulus*, *tubulus proksimal*, *Henle*, dan *tubulus distal*.
3. Proses yang terjadi pada glomerulus adalah filtrasi yang menghasilkan urin primer.
4. Proses *reabsorpsi* terjadi pada tubulus proksimal dan henle yang menghasilkan urin sekunder.
5. Proses augmentasi terjadi pada tubulus distal dan menghasilkan urin yang sebenarnya.
6. Organ kulit tersusun atas dua lapisan, yaitu epidermis dan dermis.
7. Jaringan epidermis tersusun atas *stratum korneum*, *stratum iusidum*, *stratum granulosum*, dan *stratum germinativum*.
8. Jaringan dermis tersusun dari akar rambut, pembuluh darah, kelenjar minyak, dan kelenjar keringat.
9. Organ paru-paru terdiri atas bagian-bagian seperti *bronkus*, *bronkiolus*, dan *alveolus*.
10. Organ hati dilindungi selaput yang tipis yang disebut *kapsula hepatica*.
11. *Kapsula Gibson* menyatukan antara kelenjar empedu dan pembuluh darah di dalam hati.
12. Alat ekskresi pada ikan berupa ginjal dan saluran urogenital.
13. Alat ekskresi pada belalang berupa pembuluh malpighi.

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Hasil ekskresi di bawah ini yang benar adalah
 - a. enzim
 - b. keringat
 - c. HCl lambung
 - d. saliva
 - e. hormon
2. Kelebihan protein dalam tubuh tidak dapat disimpan, tetapi
 - a. diekskresikan melalui organ ekskresi
 - b. disintesis menjadi senyawa lemak untuk disimpan
 - c. dirombak dalam usus menjadi senyawa lain yang mengandung unsur lain
 - d. dirombak dalam hati menjadi urea dan senyawa lain yang bermanfaat
 - e. dirombak menjadi senyawa lain yang bermanfaat
3. Ginjal mempunyai jutaan nefron yang terletak di bagian
 - a. korteks
 - b. medulla
 - c. piramida ginjal
 - d. badan malpighi
 - e. korteks dan medula
4. Penyakit ginjal yang ditandai adanya albumin dan protein dalam urin adalah
 - a. albuminaria
 - b. uremia
 - c. diabetes melitus
 - d. glukosuria
 - e. hidronefrosis
5. Kelebihan asam amino akan mengalami deaminasi dan selanjutnya membentuk urea melalui daur
 - a. ornitin
 - b. arginin
 - c. krebs
 - d. urea
 - e. sitrulin

6. Tiga zat yang kenaikannya dalam urin paling tinggi adalah
 - a. kreatin, SO_4 , dan urea
 - b. SO_4 , NH_4 , dan K
 - c. NH_4 , Cl, dan K
 - d. PO_4 , SO_4 , dan NH_4
 - e. SO_4 , Cl, dan urea
7. Kelainan pada ginjal dapat mengakibatkan penimbunan air ke kaki karena reabsorpsi air terganggu. Kelainan yang dimaksud adalah
 - a. oedema
 - b. glikosuria
 - c. albuminaria
 - d. diabetes insipidus
 - e. nefritis
8. Zat-zat diuretika seperti kopi dan alkohol dapat meningkatkan volume urin karena
 - a. meningkatkan sekresi ADH
 - b. memacu kerja ADH
 - c. menghambat reabsorpsi air
 - d. memacu filtrasi di kapsul Bowman
 - e. menghambat reabsorpsi Na^+
9. Tempat perombakan sel darah merah yang rusak menjadi empedu adalah di
 - a. ginjal
 - b. kulit
 - c. paru-paru
 - d. kolon
 - e. hati
10. Alat ekskresi berupa nefridia dan saluran malpighi terdapat pada hewan
 - a. panaria dan katak
 - b. planaria dan belalang
 - c. kecoa dan belalang
 - d. cacing tanah dan belalang
 - e. cacing perut dan kecoa

11. Olahraga yang murah dan dapat dilakukan secara massal adalah gerak jalan dan lari jarak jauh. Untuk mencegah agar tidak mudah pingsan dan kejang setelah berolahraga yaitu dianjurkan untuk minum minuman dengan kandungan garam dapur yang sedikit lebih tinggi. Fungsi garam dapur ini adalah untuk
 - a. menimbulkan energi
 - b. menurunkan suhu badan
 - c. mencegah timbulnya keringat berlebihan
 - d. mencegah timbulnya kelelahan
 - e. mengganti garam dapur yang dikeluarkan melalui keringat
12. Akibat kecelakaan beberapa bagian kulit kepala seseorang lecet atau terkelupas. Setelah sembuh pada beberapa bekas luka tumbuh rambut secara normal, tetapi ada pula bekas yang tidak tumbuh rambut. Hal ini disebabkan luka tersebut telah menghancurkan bagian kulit yang disebut
 - a. *stratum lusidum*
 - b. *stratum korneum*
 - c. *stratum germinativum*
 - d. *stratum granulosum*
 - e. *epidermis luar*
13. Alat ekskresi dan bahan yang diekskresikan insekta adalah
 - a. sel api dan amonia
 - b. pembuluh malpighi dan asam urat
 - c. opistonefros dan asam urat
 - d. pronefros dan amonia
 - e. nefridium dan asam urat
14. Keuntungan dari transplantasi ginjal adalah
 - a. bahaya infeksi sesudah operasi minimal
 - b. umur pasien dapat bertahan 8–10 tahun
 - c. umumnya menghilangkan kebutuhan akan dialysis
 - d. tidak membahayakan donor
 - e. efek samping mudah diobati dengan kortikosteroid
15. Pada kasus pencangkokan ginjal, donor yang paling tinggi keberhasilannya berasal dari
 - a. saudara sepupu
 - b. saudara perempuan
 - c. orang tua
 - d. orang yang tak dikenal
 - e. nenek

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. a. Sebutkan organ-organ yang termasuk dalam sistem ekskresi manusia!
b. Jelaskan fungsi masing-masing organ tersebut!
2. a. Sebutkan bagian-bagian dari ginjal!
b. Jelaskan fungsi setiap bagian-bagian tersebut!
3. Ginjal mempunyai fungsi melaksanakan proses filtrasi, reabsorpsi dan augmentasi.
Jelaskan masing-masing fungsi tersebut!
4. Bagaimana cara mengetahui kandungan zat-zat yang terdapat pada sistem urin?
5. Sebut dan jelaskan kelainan-kelainan yang mungkin terjadi pada sistem ekskresi!

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jelaskan proses terbentuknya urin pada manusia!
2. Sering dijumpai pada seseorang ibu yang sedang hamil mengalami bengkak-bengkak pada kaki.
Apakah yang sebenarnya terjadi pada ibu yang sedang hamil tersebut?
3. Pernahkan Anda mendengar istilah transplantasi ginjal? Coba Anda jelaskan!
4. Apakah orang yang mengalami gagal ginjal, harus menjalani transplantasi ginjal? Jika tidak apa yang terjadi dan tindakan apa yang dapat menyelamatkan jiwanya?

BAB

8

SISTEM KOORDINASI DAN ALAT INDRA MANUSIA

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari struktur dan fungsi organ saraf dalam tubuh, serta kelainan yang terjadi. Dengan mempelajari dan membahas materi dalam bab ini diharapkan Anda dapat memahami dan menjelaskan keterkaitan antara struktur, fungsi, dan proses pada sistem saraf, dan dapat mengenali kelainan-kelainan yang terjadi sehingga dapat mencegah kelainan-kelainan tersebut dan mengimplikasinya pada sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat.

Sumber: Garuda, 2002



Gambar 8.1
Beberapa orang penari sedang menari

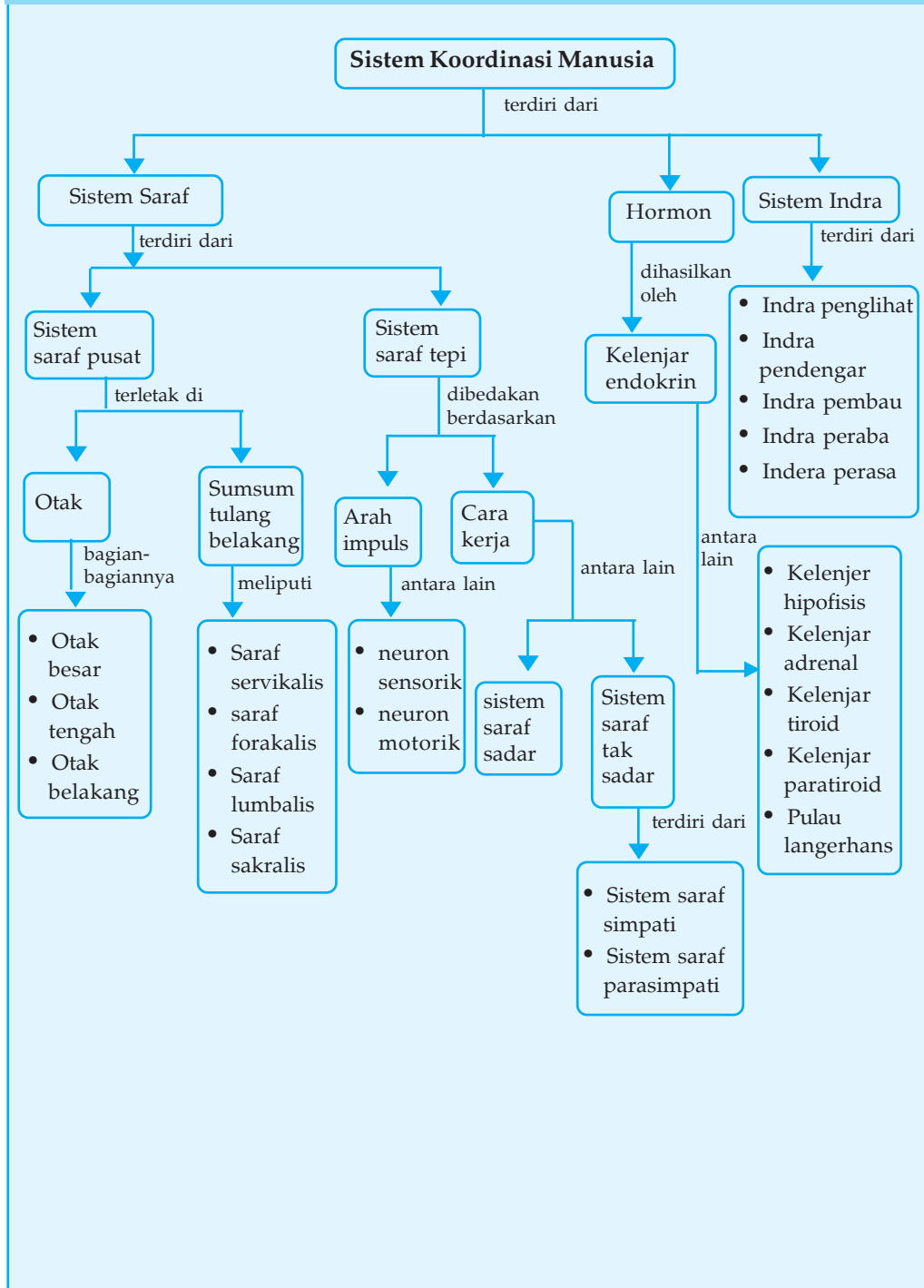
Kata Kunci

- saraf
- sensorik
- motorik
- konektor
- otak
- sumsum tulang
- belakang
- saraf tepi
- refleks
- hormon
- kelenjar
- indera

Semua kegiatan dan kerja alat-alat dalam tubuh kita diatur dalam sistem koordinasi. Sistem ini terbagi atas dua bagian, yaitu melalui sistem saraf dan hormon. Pengaturan sistem saraf diatur oleh urat saraf sedangkan pengaturan sistem hormon melalui darah.

Coba perhatikan Gambar 8.1! Gambar tersebut menunjukkan beberapa orang yang sedang menari. Gerak yang dihasilkan para penari itu merupakan hasil koordinasi antara beberapa organ tubuh. Coba Anda sebutkan organ-organ mana sajakah itu?

PETA KONSEP



Para penari itu dapat menghasilkan gerakan indah, yang merupakan hasil kerja sama antara sistem saraf, hormonal, otot, dan rangka tubuh. Ketika telinga mendengarkan suara musik, maka rangsangan suara ini akan diteruskan ke otak. Di dalam otak, rangsangan suara tadi akan diolah. Selanjutnya, otak akan meneruskan rangsang ke tangan, kaki, dan anggota badan lain sehingga akan menghasilkan gerakan yang indah seperti tampak gambar.

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak aktivitas yang kita lakukan, misalnya membaca, menyanyi, berolahraga, dan sebagainya. Aktivitas yang Anda lakukan itu merupakan hasil koordinasi dari beberapa organ. Misalnya, aktivitas membaca. Ketika membaca, mata Anda akan menangkap rangsang yang berupa tulisan atau gambar. Rangsangan tadi selanjutnya akan diteruskan ke otak untuk diolah dan muncullah suatu pengertian sehingga Anda paham tentang maksud tulisan atau gambar yang telah Anda baca tersebut. Coba sebutkan lagi aktivitas lain yang Anda lakukan, kemudian sebutkan organ-organ yang terlibat dalam koordinasi tersebut!

Dari beberapa contoh tersebut Anda sudah dapat memahami betapa pentingnya sistem koordinasi antarorgan dalam tubuh. Coba bayangkan, apa yang terjadi jika tubuh kita tidak memiliki sistem koordinasi seperti ini?

A SISTEM SARAF MANUSIA

Coba perhatikan Gambar 8.2! Gambar tersebut memperlihatkan dua orang yang berbincang-bincang melalui telepon. Seseorang di suatu tempat menyampaikan suatu pesan dan ditanggapi oleh orang di tempat lain. Melalui komunikasi tersebut akhirnya pesan yang disampaikan seseorang dapat ditanggapi oleh orang lain.



Sumber: Foto Jones

Gambar 8.2 Dua orang yang sedang bertelepon

Ilustrasi tersebut ternyata dapat menjelaskan tentang sistem saraf. Dilihat dari cara kerja dan fungsinya, saraf bagaikan sebuah jaringan komunikasi. Sistem saraf berfungsi untuk menerima pesan dan menanggapi pesan tersebut. Dalam hal ini, pesan disebut rangsang. Dari pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa saraf merupakan bagian dari tubuh yang berfungsi untuk menerima rangsang dan kemudian menanggapi rangsang tersebut.

1. Sel Saraf (Neuron)

Jaringan saraf tersusun atas sel-sel yang mempunyai bentuk khusus. Sel-sel tersebut dinamakan *neuron* dan *neuroglia*. Kedua sel tersebut ibarat pasangan tak terpisahkan yang menyusun jaringan saraf.

Jika ada sel neuron, pasti sel neuroglia akan menyertai. Adapun sel *neuroglia* berfungsi memberikan nutrisi dan bahan-bahan lain yang digunakan untuk kehidupan neuron. Dengan kata lain, neuroglia berfungsi untuk menjamin kehidupan neuron agar tetap dapat melaksanakan kegiatan.

Neuron merupakan unit struktural dan fungsional dari sistem saraf. Neuron memiliki kemampuan sebagai konduktivitas (penghantar) dan eksistabilitas (dapat dirangsang, serta memiliki kemampuan merespon rangsangan dengan sangat baik. Neuron terdiri dari tiga bagian yang berbeda satu dengan yang lain, yaitu sebagai berikut.

a. Badan Sel (Perikarion)

Bagian sel menyimpan inti sel (*nukleus*) dan anak inti (*nukleolus*), berjumlah satu atau lebih yang dikelilingi sitoplasma granuler. Dalam sitoplasma badan sel juga terdapat badan Nissl yang merupakan modifikasi dari retikulum endoplasma kasar. Badan Nissl mengandung protein yang digunakan untuk mengganti protein yang habis. Selama metabolisme, protein ini juga bermanfaat untuk pertumbuhan neuron. Jika badan sel rusak, maka serabut-serabut neuron akan mati.

b. Dendrit

Seperti sudah dijelaskan sebelumnya bahwa dendrit merupakan tonjolan sitoplasma dari bagian badan sel. Dibandingkan akson, dendrit ini lebih halus, lebih pendek, dan memiliki percabangan yang lebih banyak. Fungsi dendrit ini adalah untuk meneruskan rangsang dari organ penerima rangsang (reseptor) menuju ke badan sel.

c. Akson

Akson sering disebut juga *neurit*. Bagian ini merupakan tonjolan sitoplasma yang panjang dan berfungsi untuk meneruskan impuls saraf yang berupa informasi berita dari badan sel.

Akson memiliki bagian-bagian yang spesifik, yaitu sebagai berikut.

1) Neurofibril

Neurofibril merupakan bagian terdalam dari akson yang berupa serabut-serabut halus. Bagian-bagian inilah yang memiliki tugas pokok untuk meneruskan impuls.

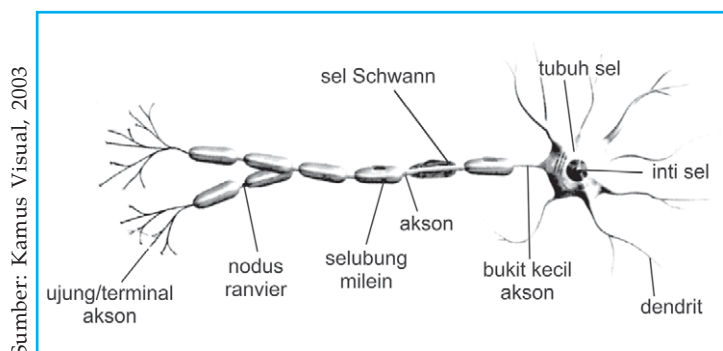
2) Selubung Mielin

Bagian ini tersusun oleh sel-sel pipih yang disebut sel *Schwann*. Selubung mielin merupakan bagian paling luar dari akson yang berfungsi untuk melindungi akson. Selain itu, bagian ini pulalah yang memberikan nutrisi dan bahan-bahan yang diperlukan untuk mempertahankan kegiatan dari akson.

3) Nodus Ranvier

Nodus ranvier merupakan bagian akson yang menyempit dan tidak dilapisi selubung mielin. Bagian ini tersusun dari sel-sel pipih. Dengan adanya bagian ini, terlihat bagian akson tampak berbuku-buku.

Agar lebih dapat memahami tentang struktur dan bentuk neuron, perhatikan Gambar 8.3!



Gambar
8.3 Sel saraf

Bagaimana hubungan antara sel saraf satu dengan yang lain? Sel-sel saraf tersebut membentuk jaringan saraf. Antara sel satu dengan yang lain terjalin saraf dan saling berhubungan. Ujung dendrit berhubungan langsung dengan penerima rangsang (reseptor). Selain itu, ujung dendrit ada pula yang berhubungan dengan ujung akson dari neuron lain.

Ujung akson pada sel-sel lain ada juga yang berhubungan dengan *efektor*, yaitu struktur yang memberikan jawaban terhadap impuls yang diterima reseptor, misalnya otot dan kelenjar. Pertemuan antara akson dengan dendrit atau efektor disebut *sinapsis*.

Berdasarkan hal ini Anda dapat membayangkan bahwa jaringan saraf ibarat jaringan komunikasi seperti sudah dijelaskan di depan. Antara sel saraf satu dengan yang lain terjalin hubungan sangat erat dalam meneruskan *impuls*.

2. Macam-Macam Neuron

Dilihat dari struktur dan fungsinya, sel saraf (neuron) dapat dibedakan menjadi tiga.

a. Neuron Sensorik

Sel saraf ini sangat berhubungan erat dengan alat indra, sehingga disebut juga saraf indra. Fungsi saraf ini adalah untuk menerima rangsang dari alat indra kemudian meneruskan impuls saraf ke pusat saraf, yaitu otak atau sumsum tulang belakang. Badan sel dari neuron sensori ini bergerombol membentuk *ganglia*. Bagian dendrit berhubungan langsung dengan alat indera (reseptor) dan bagian aksonnya berhubungan dengan sel saraf yang lain. Akson akan berakhir di interneuron.

b. Neuron Motorik

Struktur neuron motor ini, yaitu pada bagian ujung dendritnya dihubungkan dengan ujung akson yang berhubungan langsung dengan bagian efektor, yaitu otot maupun kelenjar.

Neuron motor ini berfungsi untuk meneruskan impuls dari sistem saraf pusat ke otot dan kelenjar yang akan melakukan respon tubuh. Impuls secara langsung berjalan dari neuron sensori ke neuron motor.

c. Interneuron (Neuron Asosiasi)

Interneuron ini merupakan sel saraf penyusun sistem saraf pusat, fungsinya untuk meneruskan impuls saraf dari neuron sensori ke neuron motor. Struktur interneuron ini, yaitu bagian ujung dendritnya dihubungkan langsung dengan ujung akson dari sel saraf yang lain.

3. Mekanisme Jalannya Impuls

Secara umum, fungsi sel saraf adalah menerima rangsang dan dapat menanggapi rangsang tersebut. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa sistem saraf merupakan jaringan komunikasi yang kompleks. Coba ingat kembali pengertian itu!

Sebagai jaringan komunikasi, tentunya saraf memiliki mekanisme khusus tentang cara meneruskan impuls. Ada dua mekanisme jalannya impuls saraf, yaitu sebagai berikut.

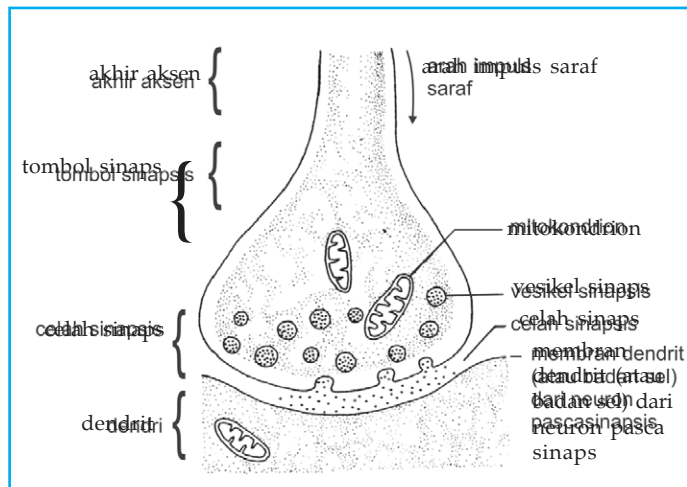
a. Impuls Dihantarkan Melalui Sel Saraf

Impuls dapat diteruskan dan mengalir melalui sel saraf yang disebabkan adanya perbedaan potensial listrik yang disebut dengan *polarisasi*. Muatan listrik di luar membran sel saraf adalah positif sedang muatan yang di luar adalah negatif.

Apabila sel saraf diberi rangsangan akan mengakibatkan polarisasi membran berubah, sehingga polarisasi akan mengalami pembalikan. Proses pembalikan akan diulang yang menyebabkan rantai reaksi.

b. Impuls Dihantarkan Lewat Sinaps

Struktur sinaps dapat Anda lihat pada Gambar 8.4!



Sumber: Biologi 2, Kimball, 1999

Gambar 8.4 Struktur umum sinaps

Apabila impuls mengenai tombol sinaps, maka permeabilitas membran prasinapsis terhadap ion kalsium menjadi meningkat. Ion kalsium kemudian akan masuk, sedangkan gelembung sinaps akan melepaskan neurotransmitter ke celah sinaps. Gelembung sinaps melebur dengan membran prasinapsis. Impuls sampai ke membran postsinaps karena dibawa oleh neurotransmitter, kemudian neurotransmitter dihidrolisis oleh enzim yang dihasilkan oleh membran postsinapsis.

4. Susunan Saraf Manusia

Struktur dari sel saraf (neuron) akan membentuk jaringan saraf dan kemudian menyusun sistem saraf. Antara sel saraf satu dengan yang lain saling berhubungan dan bekerja sama dalam menerima dan menanggapi rangsang sehingga dapat menghasilkan suatu respon tubuh.

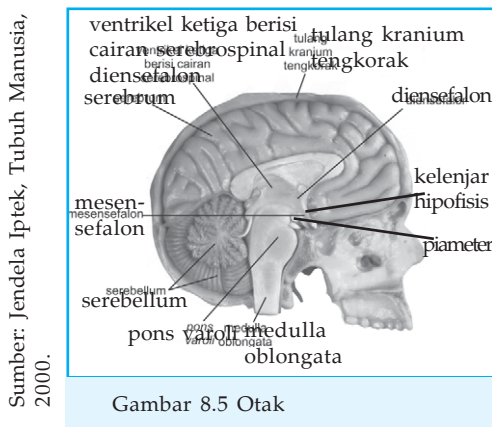
Berdasarkan macamnya, sistem saraf itu meliputi sistem saraf pusat dan sistem saraf tepi. Apakah yang dimaksud sistem saraf pusat dan tepi? Materi tersebut akan kita bahas pada materi selanjutnya.

a. Sistem Saraf Pusat

Dari macamnya, sistem saraf pusat tersusun atas otak dan sumsum tulang belakang, sedangkan sistem saraf tepi terdiri atas saraf sadar dan tidak sadar (*otonom*). Jika dilihat dari namanya, sistem saraf pusat berarti sebagai pusat koordinasi dari segala aksi yang harus dilaksanakan. Adapun sistem saraf tepi berfungsi untuk memberikan informasi kepada sistem saraf pusat tentang adanya rangsangan dan menyebabkan otot dan kelenjar melakukan respons. Dari pengertian ini, dapat diketahui antara sistem saraf pusat dan tepi ada kerja sama yang sinergis, dan tidak dapat bekerja sendiri-sendiri. Sistem saraf pusat meliputi:

1) Otak

Manusia di dunia mempunyai kecerdasan yang berbeda-beda. Ada orang yang sangat pandai atau sering disebut jenius, ada orang yang kecerdasannya sedang atau biasa, dan adapula orang yang bodoh atau kurang cerdas. Mengapa terdapat perbedaan kecerdasan pada setiap orang? Pusat kecerdasan tersebut terletak di dalam otak.



Otak manusia dewasa memiliki berat $\pm 1,5$ kg dan wujudnya dalam keadaan lembek seperti alpukat yang matang. Berkat adanya tulang tengkorak itulah, maka otak dapat terlindung dari benturan yang datang dari luar. Otak manusia itu ibarat komputer, dapat terisi data atau program tertentu dan banyak file yang dapat tersimpan di sana. Apabila Anda ingin mengingat peristiwa yang telah terjadi, maka otak akan menampilkan kembali semacam rekaman atas peristiwa itu.

Otak manusia terdiri atas bagian kiri dan kanan. Masing-masing bagian mempunyai tugas tersendiri. Otak kiri mengatur kegiatan bagian kanan tubuh, sebaliknya otak kanan mengatur kegiatan bagian kiri tubuh.

Otak dibungkus oleh tiga membran pelindung yang disebut *meninges*. Di antara dua membran sebelah dalam ada cairan serebrospinal yang berfungsi sebagai bantalan bagi otak terhadap guncangan atau benturan. Pada tengkorak lapisan terluar dari meninges disebut *duramater*, lapisan tengah disebut dengan *arachnoid* dan lapisan terdalam, yaitu *piameter*. Otak memiliki empat kamar berupa ventrikel yang terisi juga oleh cairan serebrospinal. Sel-sel yang melapisi ventikel dilengkapi dengan silia yang berfungsi untuk menjaga agar cairan serebrospinal tetap beredar.

Antara dua ventrikel terdapat alas kapiler yang luas sehingga dapat memungkinkan pertukaran bahan antara darah dan cairan serebrospinal.

Di dalam otak terdapat 12 pasang saraf kranial. Adapun otak sendiri dapat dibedakan menjadi otak depan, otak tengah, dan otak belakang untuk mengetahui lebih mendetail dapat Anda simak penjelasan di bawah ini!

a) Otak Besar

Otak besar terletak di bagian paling depan dengan struktur yang menonjol yang disebut dengan *serebrum*. Bagian ini memiliki dua belahan, yaitu kiri dan kanan. Bagian kiri mengkoordinasikan bagian tubuh sebelah kanan, sedangkan otak bagian kanan mengatur dan mengkoordinasikan bagian tubuh sebelah kiri. Otak besar berfungsi sebagai pusat berpikir (kepandaian), kecerdasan, dan kehendak. Otak besar juga mengendalikan semua kegiatan yang didasari seperti bergerak, mendengar, melihat, berbicara, berpikir, dan lain-lain. Otak besar ini terdiri atas dua lapisan berikut.

(1) Korteks

Korteks merupakan bagian luar dari *serebrum*. Bagian ini terbuat dari bahan abu-abu, yaitu massa badan sel. Keadaan korteks memiliki permukaan yang berlipat-lipat sehingga dapat memperluas permukaannya.

(2) Lapisan Dalam

Pada lapisan ini terdapat serabut saraf bermielin yang disusun dari bahan putih.

Di bagian otak besar ini terdapat talamus, hipotalamus, bagian dari kelenjar pituitari, dan kelenjar pineal. *Talamus* merupakan penjaga pintu gerbang pada korteks *serebrum*. Semua pesan sensori yang sampai ke otak harus melalui talamus terlebih dahulu agar dapat dirasakan secara sadar, kecuali bau semua rangsangan dari reseptor diterima talamus dan kemudian diteruskan ke area sensorik *serebrum*.

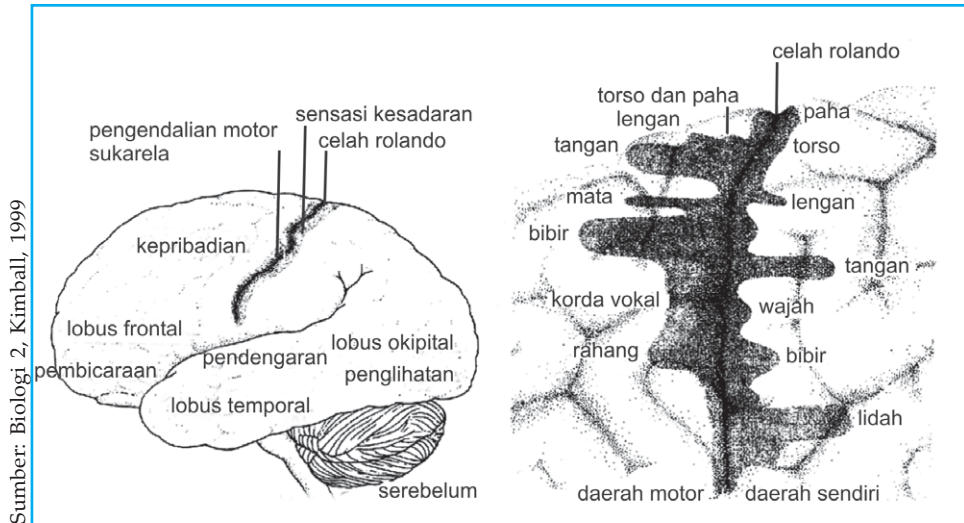
Hipotalamus berfungsi sebagai pusat koordinasi bagi banyak kegiatan organ-organ dalam. Selain itu, hipotalamus juga berfungsi untuk mengatur suhu dan kandungan air dalam darah. Hipotalamus juga merupakan penghasil hormon. Hormon yang dihasilkan, antara lain *oksitosin* dan ADH (antideuretik hormon) yang tersimpan di lobus posterior pada pituitari, serta TSH (hormon perangsang tiroid) dan LH (Luteinizing hormon) yang tersimpan di lobus anterior pada pituitari.

Otak besar dibagi menjadi beberapa bagian penting sebagai berikut.

(1) Lobus Oksipitalis

Daerah ini berperan penting terhadap penglihatan. Seseorang yang mengalami kecelakaan dan mengalami kerusakan pada bagian ini, maka

akan mengalami kebutaan. Apabila kita membuka mata dan melihat suatu pemandangan, jumlah radioaktifnya sangat meningkat di daerah penglihatan pada lobus oksipitalis. Coba Anda perhatikan daerah-daerah otak yang mempengaruhi fungsi organ tubuh manusia pada Gambar 8.6!



Gambar 8.6 Fungsi bagian serebrum pada manusia

(2) Lobus Temporalis

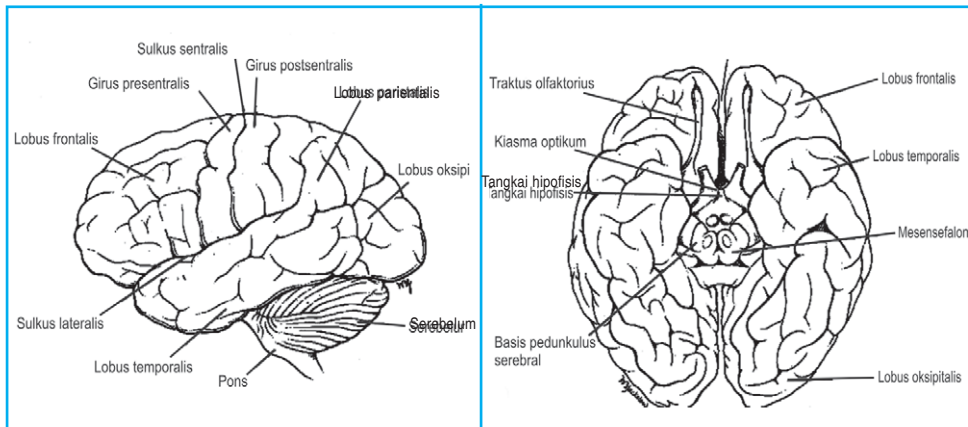
Bagian ini berperan sebagai pusat pendengaran. Adanya bunyi dapat meningkatkan metabolisme daerah pembicaraan pada lobus temporalis.

(3) Lobus Frontalis

Daerah ini berperan dalam koordinasi dan pengendalian gerak otot dan berpikir, belajar, memori, pandangan ke depan, analisis logis, kreativitas, dan beberapa emosi bergantung kepada kegiatan saraf di lobus frontalis. Berdasarkan sebuah penelitian (tahun 1848 oleh **Phineas P. Gage**) ternyata kerusakan pada lobus frontalis dapat mengakibatkan perubahan pada perilaku manusia. Pada penelitian yang sudah dilakukan pada manusia ditemukan ternyata kerusakan ini mengakibatkan karakter seseorang yang sebelumnya tenang dan bersungguh-sungguh bisa berubah menjadi sembrono, tidak bertanggung jawab, resah, kepala batu, dan tidak sopan.

(4) Lobus Parietalis

Daerah ini terletak di bagian belakang. Antara lobus frontalis dengan lobus parietalis terdapat lekukan atau parit yang disebut dengan sulkus sentralis atau celah Rolando. Lobus parietalis ini berfungsi untuk menerima rangsang panas, dingin, tekanan, dan sentuhan.



Gambar 8.7

(a) Pandangan lateral hemisfer serebral kiri, (b) pandangan basal hemisfer serebral

b) Otak Tengah

Otak tengah disebut juga *disensefalon* dan terletak di depan otak kecil dan jembatan varol. Otak tengah ini berukuran kecil dan tidak mencolok. Fungsi utamanya adalah untuk memberikan impuls antara otak depan dengan otak belakang dan otak dengan mata. Di samping itu juga berfungsi menjaga keseimbangan.

Melalui pusat medula oblongata dan otak tengah menuju ke atas merupakan jaringan serabut saraf yang disebut dengan formasi retikuler yang berfungsi dalam mengaktifkan atau membangunkan otak depan. Aksi formasi retikuler sangat selektif, artinya formasi retikuler ini dapat mengakibatkan kematian.

c) Otak Belakang

Otak belakang terbagi menjadi dua bagian, yaitu medula oblongata (sumsum lanjutan) dan serebelum (otak kecil). Masing-masing bagian tersebut memiliki koordinasi dan fungsi sendiri-sendiri.

(1) Medula Oblongata

Bagian ini tampak seperti ujung bengkok pada tali spinal. Sebenarnya ukurannya kecil tetapi fungsinya sangat besar, karena jika terjadi kerusakan pada bagian medula oblongata ini dapat mengakibatkan kematian. Fungsi medula oblongata, antara lain menstimulasi otot-otot antartulang rusuk dan diafragma sehingga dapat memungkinkan untuk pernapasan; mengkoordinir saraf yang mengatur detak jantung diameter arteriola, tekanan darah, suhu tubuh, gerakan alat-alat pencernaan, dan

sekresi kelenjar pencernaan; mengkoordinir gerak refleks, misalnya kedipan mata, bersin, bersendawa, dan muntah.

Medula oblongata ini akan diteruskan ke bawah yang disebut sumsum tulang belakang. Bagian sumsum lanjutan yang menghubungkan antara sumsum lanjutan dengan otak disebut *vons varolii* (jembatan varoli).

(2) Serebelum (otak kecil)

Serebelum terdiri atas dua belahan yang berliku-liku sangat dalam. Fungsinya adalah untuk mengkoordinasikan kegiatan lokomotor tubuh, antara lain pengaturan otot, posisi, dan keseimbangan tubuh. Rusaknya bagian serebelum ini dapat mengakibatkan seseorang kehilangan koordinasi gerakan otot tubuh.

Pada Gambar 8.1 di depan gerakan halus dan lemah gemulai yang dihasilkan penari dikoordinir oleh serebelum.

TUGAS INDIVIDU

Untuk lebih memahami lagi tentang struktur tubuh otak, Anda dapat melakukan kegiatan mengamati model otak di laboratorium sekolah Anda! Tunjukkanlah bagian-bagian otak dan jelaskan fungsinya!

2) Sumsum Tulang Belakang (Medula Spinalis)

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa sumsum tulang belakang (*medula spinalis*) merupakan lanjutan ke bawah dari medula oblongata. Sumsum tulang belakang ini terletak memanjang dari ruas tulang leher sampai dengan antara tulang pertama dan kedua. Fungsi sumsum tulang belakang adalah sebagai berikut.

- Menghubungkan sistem saraf tepi ke otak. Informasi melalui neuron sensori ditransmisikan dengan bantuan interneuron.
- Sebagai pusat dari gerak refleks, misalnya refleks menarik diri.

Irisan melintang menunjukkan bagian luar berwarna putih yang banyak mengandung dendrit dan akson, sedangkan bagian dalam berwarna abu-abu. Pada bagian yang berwarna abu-abu inilah terdapat cairan *serebrospinal*, seperti yang terdapat pada otak. Cairan ini tepatnya terletak di saluran tengah yang berhubungan dengan rongga ventrikel dalam otak. Bagian tengah yang berwarna abu-abu ini jika dilihat seperti huruf H. bagian ini mengandung badan saraf motorik yang mempunyai akson menuju ke efektor dan juga mengandung saraf sensorik.

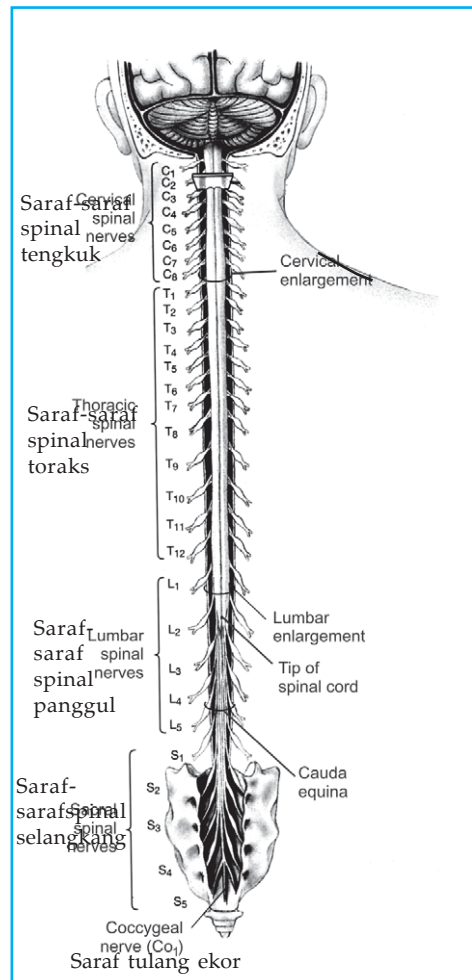
b. Susunan Saraf Tepi

Susunan saraf tepi terdiri atas serabut saraf otak dan serabut saraf sumsum tulang belakang (spinal). Serabut saraf sumsum dari otak, keluar dari otak sedangkan serabut saraf sumsum tulang belakang keluar dari sela-sela ruas tulang belakang. Tiap pasang serabut saraf otak akan menuju ke alat tubuh atau otot, misalnya ke hidung, mata, telinga, dan sebagainya. Sistem saraf tepi terdiri atas serabut saraf sensorik dan motorik yang membawa impuls saraf menuju ke dan dari sistem saraf pusat. Sistem saraf tepi dibagi menjadi dua, berdasarkan cara kerjanya, yaitu sebagai berikut.

1) Sistem Saraf Sadar

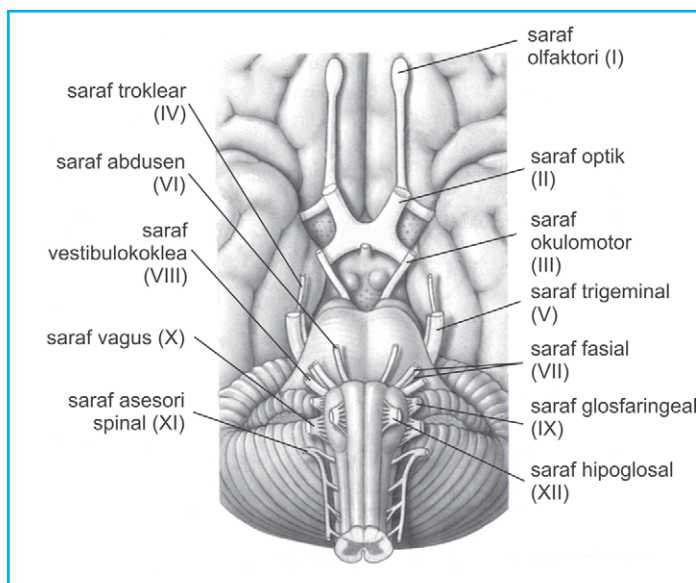
Sistem saraf sadar bekerja atas dasar kesadaran dan kemauan kita. Ketika Anda makan, menulis, berbicara, maka saraf inilah yang mengkoordinirnya. Saraf ini meneruskan impuls dari reseptor ke sistem saraf pusat, dan meneruskan impuls dari sistem saraf pusat ke semua otot kerangka tubuh.

Sistem saraf sadar terdiri atas 12 pasang saraf kranial, yang keluar dari otak dan 31 pasang saraf spinal yang keluar dari sumsum tulang belakang 31 pasang saraf spinal terlihat pada Gambar 8.8. Saraf-saraf spinal tersebut terdiri atas gabungan saraf sensorik dan motorik. Dua belas pasang saraf kranial tersebut, antara lain sebagai berikut.



Gambar 8.8 Saraf spinal

Sumber: Essentials of Anatomy and Physiology, 2000



Sumber: Essentials of Anatomy dan Physiology, 2000

Gambar 8.9 Saraf kranial

- Saraf olfaktori, saraf optik, dan saraf auditori. Saraf-saraf ini merupakan saraf sensorik.
- Saraf okulomotor, troklear, abduksen, spinal, hipoglosal. Kelima saraf tersebut merupakan saraf motorik.
- Saraf trigeminal, fasial, glossofaringeal, dan vagus. Keempat saraf tersebut merupakan saraf gabungan dari saraf sensorik dan motorik.

Agar lebih memahami tentang jenis-jenis saraf kranial, perhatikan Tabel 8.1 di bawah ini!

Tabel 8.1 Jenis-Jenis Saraf Beserta Asalnya

Nomor saraf	Nama Saraf	Jenis Saraf	Asal Saraf Sensorik	Asal Saraf Motorik
I	Olfaktori	Sensori	Selaput lendir hidung	Tidak ada
II	Optik	Sensori	Retina mata	Tidak ada
III	Okulomotor	Motor	Otot penggerak bola mata	Otot penggerak bola mata, lensa mata, pupil mata
IV	Troklear	Motor	Otot penggerak bola mata	Otot lain penggerak bola mata

Nomor Saraf	Nama Saraf	Jenis Saraf	Asal Saraf Sensorik	Asal Saraf Motorik
V	Trigeminal	Gabungan	Gigi dan kulit muka	Otot pengunyah
VI	Abdusen	Motor mata	Otot penggerak bola mata	Otot lain penggerak bola mata
VII	Fasial	Gabungan	Lidah bagian ujung	Otot muka, kelenjar ludah
VIII	Auditori	Sensori	Koklea dan saluran setengah lingkaran	Tidak ada
IX	Glossofaringeal	Gabungan	Lidah bagian belakang tonsil	Kelenjar ludah, otot penelan di taring
X	Vagus	Gabungan	Laring, paru-paru, jantung, lambung, pankreas, hati	Saraf simpatetik ke laring, esofagus, paru-paru, jantung, lambung, pankreas.
XI	Spinal	Motor	Otot belikat, laring, taring, langit-langit halus	Otot laring, taring, dan langit-langit halus
XII	Hipoglosal	Motor	Otot-otot lidah	Otot lidah

2) Sistem Saraf Tak Sadar (Otonom)

Sistem saraf ini bekerja tanpa disadari, secara otomatis, dan tidak di bawah kehendak saraf pusat. Contoh gerakan tersebut misalnya denyut jantung, perubahan pupil mata, gerak alat pencernaan, pengeluaran keringat, dan lain-lain. Kerja saraf otonom ternyata sedikit banyak dipengaruhi oleh hipotalamus di otak. Coba Anda ingat kembali fungsi hipotalamus yang sudah dijelaskan di depan. Apabila hipotalamus dirangsang, maka akan berpengaruh terhadap gerak otonom seperti contoh yang telah diambil, antara lain mempercepat denyut jantung, melebarkan pupil mata, dan menghambat kerja saluran pencernaan.

Sistem saraf otonom ini dibedakan menjadi dua.

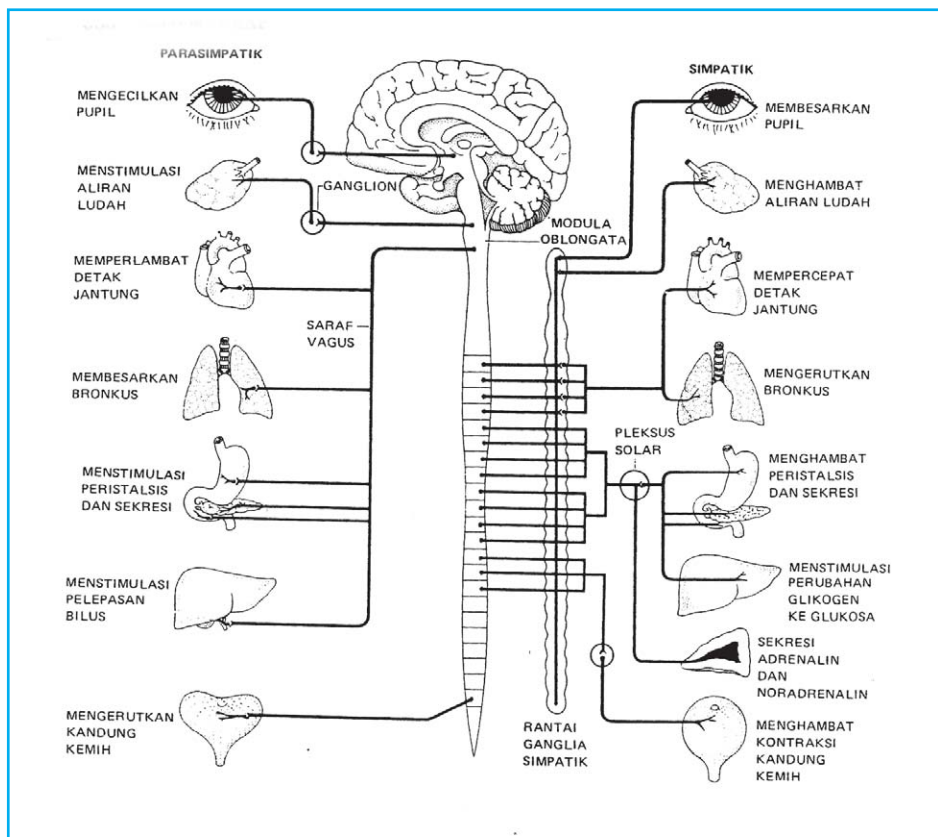
a) Sistem Saraf Simpatik

Saraf ini terletak di depan ruas tulang belakang. Fungsi saraf ini terutama untuk memacu kerja organ tubuh, walaupun ada beberapa yang malah menghambat kerja organ tubuh. Fungsi memacu, antara lain mempercepat detak jantung, memperbesar pupil mata, memperbesar bronkus.

Adapun fungsi yang menghambat, antara lain memperlambat kerja alat pencernaan, menghambat ereksi, dan menghambat kontraksi kantung seni.

b) Sistem Saraf Parasimpatik

Saraf ini memiliki fungsi kerja yang berlawanan jika dibandingkan dengan saraf simpatik. Saraf parasimpatik memiliki fungsi, antara lain menghambat detak jantung, memperkecil pupil mata, memperkecil bronkus, mempercepat kerja alat pencernaan, merangsang ereksi, dan mempercepat kontraksi kantung seni. Karena cara kerja kedua saraf itu berlawanan, maka mengakibatkan keadaan yang normal. Untuk lebih memahami tentang sistem saraf otonom, perhatikan Gambar 8.10!



Sumber: Biologi 2, Kimball, 1999

Gambar 8.10 Sistem saraf otonom

Untuk memahami kerja saraf sebagai sistem koordinasi ini Anda dapat melakukan Kegiatan Kelompok 1 berikut ini!

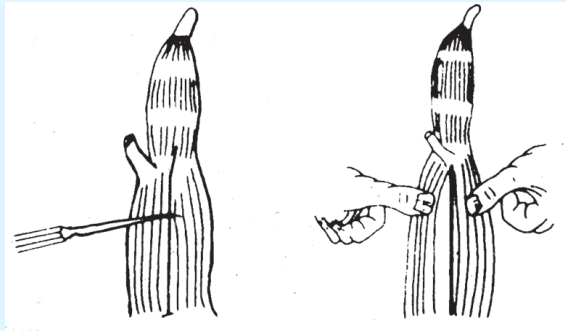
KEGIATAN KELOMPOK 1

Tujuan : Mengetahui cara kerja otot oleh suatu rangsangan.

Alat dan Bahan : 1. pisau bedah
2. kawat halus
3. penyangga
4. katak

Cara Kerja :

1. Matikan katak dengan cara *pithing*, berikan tusukan jarum pada lubang tengkorak belakang.
2. Potonglah dengan gunting, kuliti sekeliling kaki di bagian pinggulnya, seperti pada gambar di bawah ini.



3. Tariklah kulit tersebut ke bawah, sehingga lepas dari pinggul sampai kakinya.
4. Pisahkan otot paha dari jaringan bawahnya dengan jarum.
5. Buatlah sebuah lubang melalui urat tumit dengan jarum, kemudian masukkan kawat halus ke lubang tersebut.
6. Ikatlah otot di bawah lubang dan berilah beban kurang lebih 10 gram dengan sebuah kawat.
7. Buanglah tulang dan otot-otot lainnya di bawah lutut.
8. Carilah saraf siatik yang terletak di bagian tengah pinggul, di bawah otot dengan cara berikut.
 - a. Telungkupkanlah katak tersebut.
 - b. Tekanlah dengan kuku-kuku kedua ibu jarimu di bagian tengah otot.

- c. Pisahkanlah otot-otot dari jaringan pengikat dan tariklah ke sisi. Setelah otot-otot dipisahkan mulai dari pinggul sampai lutut, di bawahnya akan tampak saraf tersebut seperti benang putih tebal yang terletak di antara otot.
9. Dengan hati-hati, masukkan jarum preparat ke bawah urat saraf tersebut.
 - a. Gerakkanlah jarum itu dari lutut ke atas menuju sumsum belakang sejauh mungkin. Lakukanlah hal ini hati-hati sekali untuk mencegah jaringan sampai saraf tersebut putus dan lepas dari paha.
 - b. Ikatlah saraf tersebut dengan tali simpul yang kuat
 - c. Sisakan ujung benang kira-kira 8 cm, sekeliling saraf yang dekat dengan sumsum belakang, tetapi biarkanlah sepotong saraf yang pendek, apabila saraf dipotong dekat simpul ikatan tadi.
 - d. Potonglah saraf tersebut.
10. Dengan hati-hati, angkatlah saraf itu dengan benang tadi (jangan sampai putus) dan tempatkanlah pada permukaan otot.
11. Gantungkan katak itu pada bagian bawah rahang bawah pada cincin penyangga seperti pada gambar (lihat kegiatan 2).
12. Dengan gunting yang tajam potonglah saraf pada otot di sisi kerongkongan. Jepitlah saraf dengan gunting jepit. Maka otot itu akan berkontraksi sehingga mengangkat beban tadi.
13. Apabila saraf dilepas dari jepitan, otot akan istirahat. Sambungkan saraf kerongkongan dengan kawat tembaga dan dekatkanlah pada saraf siatik di bawahnya, sampai jarak 2 mm. Dengan ini saraf akan terangsang (meskipun tidak sampai tersentuh) otot akan berkontraksi dan mengangkat beban.
14. Catatlah hasil pengamatan Anda pada tabel pengamatan!
15. Berdasarkan data hasil pengamatan Anda tersebut berilah penjelasan, antara lain berapa lama otot itu akan kembali istirahat setelah rangsangan dicabut!
16. Berdasarkan hasil analisis data tersebut, diskusikan dengan teman-teman Anda dan buatlah kesimpulannya, kemudian jawablah pertanyaan di bawah ini!
 - a. Mengapa percobaan di atas harus dikerjakan dengan hati-hati tetapi cepat?
 - b. Mengapa alat-alat yang digunakan harus steril?

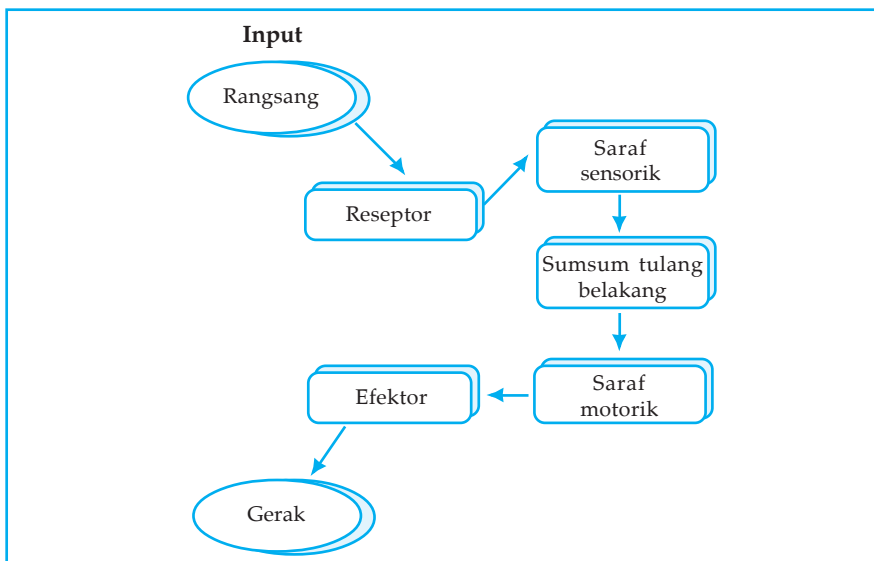
B GERAK REFLEKS

Pernahkah kaki Anda tanpa sengaja menginjak duri atau benda tajam lainnya? Apa yang terjadi seketika itu? Pasti Anda akan dengan cepat menarik kaki, mungkin dibantu dengan gerakan tangan, dan sambil berteriak secara spontan. Gerakan yang Anda lakukan tersebut merupakan contoh gerak refleks.

Gerak refleks merupakan gerakan yang tidak kita sadari. Proses gerak ini lebih cepat daripada gerak sadar. Gerak refleks ini sebenarnya merupakan mekanisme dalam rangka mengelak dari suatu rangsang yang berbahaya, seperti contoh di atas. Refleks di atas merupakan refleks penarikan. Aksi-aksi yang terjadi pada peristiwa itu, antara lain:

1. rangsang dari luar diterima oleh reseptor;
2. impuls-impuls saraf neuron sensorik pada reseptor tersebut dilanjutkan ke sistem saraf pusat, yaitu sumsum tulang belakang;
3. di sumsum tulang belakang ini impuls dilanjutkan oleh interneuron dari neuron sensorik ke neuron motorik;
4. dari neuron, motorik impuls dilanjutkan ke efektor kemudian efektor dirangsang untuk berkontraksi, akibatnya terjadi gerakan secara spontan dengan menarik kaki sambil berteriak.

Jika kita simpulkan proses di atas, dapat dibuat skema seperti pada Gambar 8.11!!

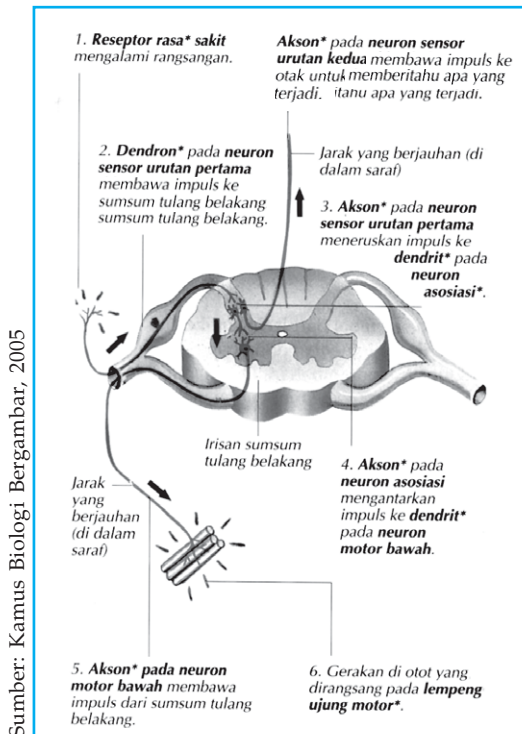


Gambar 8.11 Skema proses gerak refleks

Contoh lain untuk membuktikan refleks yaitu dengan cara berikut.

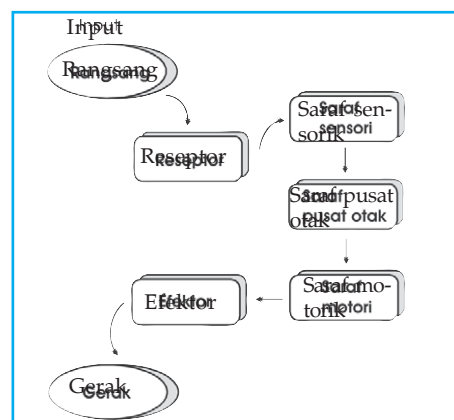
TUGAS KELOMPOK

Suruhlah teman Anda untuk memukul pelan-pelan dengan pangkal telapak tangannya di bagian bawah tempurung lutut Anda. Apa yang akan terjadi pada kaki Anda? Mengapa bisa terjadi hal tersebut? Diskusikan dengan teman Anda dan buatlah kesimpulan tentang hal ini!



Gambar 8.12 Proses lengkung refleks

Dari Gambar 8.11 terlihat bahwa mekanisme gerak refleks adalah dari rangsangan melalui saraf sensorik tidak menuju ke otak tetapi melalui lengkung refleks. Proses lengkung refleks tersebut dapat dijelaskan dengan Gambar 8.12! Jika memperhatikan proses tersebut, dapat kita ketahui bahwa gerak refleks berbeda dengan gerak biasa yang kita sadari, terutama adanya perbedaan impuls dari saraf sensorik yang dikirim ke otak terlebih dahulu dan diolah di sana, baru kemudian impuls tersebut ditanggapi oleh otak dan hasilnya akan dibawa oleh saraf motor menuju ke efektor. Apabila kita buat bagannya, seperti berikut.



Gambar 8.13 Bagan proses gerak biasa

Untuk mengetahui lebih jelas tentang gerak refleks ini, lakukan Kegiatan Kelompok 2 berikut ini!

KEGIATAN KELOMPOK 2

Tujuan :

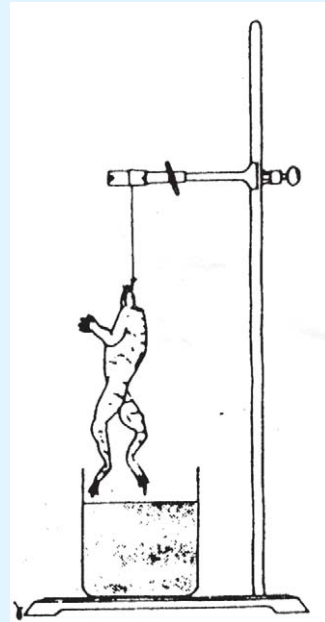
1. Mengetahui gerak refleks pada otot kaki katak
2. Mengetahui asal gerak refleks dari sumsum tulang belakang

Alat dan Bahan :

1. Alat-alat bedah
2. Penyangga
3. Kaca pengaduk
4. Katak
5. Asam cuka

Cara Kerja :

1. Matikanlah katak dengan metode *pithing*
2. Siapkanlah alat-alat seperti pada gambar.
3. Potonglah kepala katak.
4. Jepitlah bagian bawah rahang bawah dan gantungkan pada penyangga seperti pada gambar.
5. Tempatkanlah kaca pengaduk yang mengandung asam cuka pada sisi salah satu kakinya sebagai rangsangan.
6. Rusaklah sumber tulang belakangnya, seperti cara mematkannya.
7. Berilah rangsangan lagi dengan menempatkan kaca pengaduk yang mengandung asam cuka.
8. Amatilah apa yang terjadi pada katak dari percobaan di atas! Dari pengamatan Anda di depan, apa yang terjadi pada otot kaki waktu mendapat rangsangan?
9. Diskusikan hal di atas dengan teman-teman sekelompokmu untuk membuat kesimpulannya!



Obat-obatan psikotropika adalah zat atau obat, baik alamiah maupun sintetis, dan bukan narkotika yang dapat menyebabkan perubahan terhadap pada aktivitas mental dan perilaku. Obat-obatan psikotropika apabila disalahgunakan akan mengakibatkan ketagihan yang akan merugikan penggunaannya.

Obat-obatan psikotropika banyak sekali yang beredar di masyarakat. Berdasarkan efek fisiologisnya obat psikotropika dibedakan, antara lain sebagai berikut.

1. Stimulan

Stimulan bekerja dengan menstimulasi sistem saraf simpatik, dengan melalui pengendalian pusat-pusat di hipotalamus. Stimulan dapat berupa kafein (pada kopi, teh, dan cola), nikotin (rokok), amfetamin, dan kokain.

2. Depresan

Obat depresan berpengaruh terhadap sistem saraf, yaitu dapat mengurangi kegiatan sistem saraf. Depresan terkenal dengan sebutan obat penenang. Ada lima kategori utama depresan, yaitu seperti berikut.

- a. Barbiturat, yang mencakup obat-obatan seperti sekonal, nembutal, dan amital.
- b. Obat penenang, yang sering dipakai, misalnya meprobramat.
- c. Etil alkohol (etanol).
- d. Anestetik, yang mencakup eter, kloroform.
- e. Opiat, yang mencakup opium, morfin, heroin, kodem dan metadon.



Perlu Diketahui

Hati-hati Mengonsumsi Obat Antinyeri

Pada dokter diingatkan agar tidak sembarangan menuliskan resep anti-inflamasi atau pereda rasa nyeri bagi pasien. Ceroboh merekomendasikan obat berpotensi menambah penderitaan pasien, mulai dari gangguan pencernaan, kelainan pada kulit, hingga serangan jantung.

3. Halusinogen

Halusinogen meliputi psilosibin, asam lisergat, dietilamida, dan dimetoksi-metil-amfetamin. Zat-zat ini dalam dosis sedang mempunyai pengaruh menghancurkan yang kuat terhadap persepsi penglihatan dan persepsi pendengaran. Juga ada peningkatan respons emosional. Dalam dosis tinggi pemakai melihat dan mendengar benda yang tidak ada sama sekali.

D KELAINAN FUNGSI SARAF

Sistem saraf dapat mengalami kelainan-kelainan berikut.

1. Penyakit Parkinson

Penyakit parkinson biasanya menyerang orang yang berusia 40 tahun ke atas. Penyakit ini disebabkan karena berkurangnya neurotransmitter dopamin pada basal ganglia. Gejala penyakit ini, yaitu gemetar pada tangan, kaku otot, sehingga sulit bergerak.

2. Epilepsi

Epilepsi disebabkan karena beberapa hal, antara lain karena terdapatnya jaringan parut pada otak, tumor, gangguan metabolisme, dan lain-lain. Epilepsi ditandai dengan kejang-kejang dan hilang kesadaran.

3. Stroke

Stroke dapat dipicu oleh tekanan darah tinggi (*hipertensi*). Hipertensi dapat mengakibatkan pecahnya pembuluh darah di otak, sehingga akan mengganggu fungsi otak.

Gejala stroke, antara lain pusing-pusing, apabila sudah parah diikuti dengan gejala lain, yaitu sulit berbicara, tidak dapat melihat, lumpuh, bahkan mati separuh.

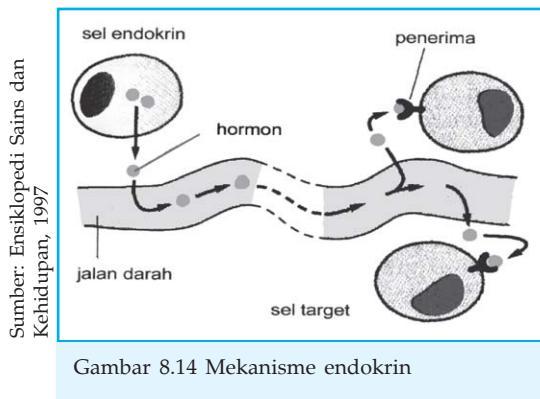
4. Neuritis

Neuritis merupakan penyakit radang saraf yang disebabkan karena benturan fisik misalnya pukulan, patah tulang. Ada juga yang disebabkan oleh defisiensi vitamin, antara lain vitamin B1, B6, dan B12. Gejala neuritis, antara lain kesemutan dan terasa sakit pada daerah yang disarafi.

E SISTEM ENDOKRIN

Sebagai seorang pelajar, Anda tentu pernah menghadapi suatu ujian yang menuntut suatu kelulusan. Untuk menghadapinya, Anda harus belajar sungguh-sungguh untuk mempersiapkan ujian itu. Tahukah Anda, apa yang terjadi pada tubuh Anda saat itu? Pada saat itu, kelenjar adrenalin yang letaknya di atas ginjal memproduksi hormon ini. Sekresi ini bertujuan untuk memperkuat denyut jantung dan mempercepat frekuensi denyutnya. Sekresi hormon ini juga berfungsi mengubah glikogen menjadi glukosa untuk

memenuhi kebutuhan energi yang dibutuhkan oleh tubuh. Dari proses ini Anda akan memiliki semangat yang besar dalam mempersiapkan ujian tersebut.



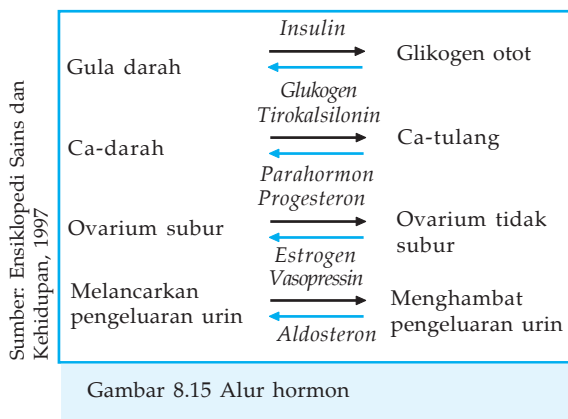
Dari fakta ini, Anda telah mendapatkan suatu gambaran tentang hormon. Hormon ini sebenarnya merupakan senyawa organik yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin.

Kelenjar endokrin disebut juga kelenjar buntu karena tidak memiliki saluran khusus sehingga hormon yang dikeluarkan akan masuk dalam peredaran darah dan mempengaruhi or-

gan-organ tertentu. Mekanisme endokrin dapat dijelaskan dengan Gambar 8.14!

Hormon mempunyai pengaruh pada tubuh secara bertahap, namun pasti. Fungsi utama hormon adalah:

1. mengendalikan proses-proses yang terjadi di dalam tubuh seperti proses pertumbuhan, perkembangan seksual dan proses metabolisme yang lain;
2. menjaga keseimbangan dalam tubuh atau disebut juga *homeostasis*.



Sebagai penjaga keseimbangan tubuh, maka hormon ini memiliki mekanisme kerja umpan balik, artinya adalah jumlah produksi hormon tertentu akan berpengaruh terhadap produksi hormon yang lain. Misalnya, kerja antara PTH dan hormon tiroksin memberikan suatu sistem pengawasan dan keseimbangan homeostasis dengan cepat setelah terjadi suatu perubahan.

Selain itu, sekresi beberapa hormon juga dipengaruhi oleh kebutuhan akan hormon tersebut. Beberapa hormon juga bekerja secara antagonis, contohnya, insulin dengan glukogen, serta PTH dengan kalsitonin. Hubungan ini juga dapat dilihat pada alur hormon, perhatikan Gambar 8.15!

Pengaturan hormon yang lain adalah apabila sebuah hormon merangsang produksi hormon kedua, maka hormon kedua dapat menekan produksi hormon pertama tadi. Hubungan ini dapat dilihat antara estrogen dengan FSH. Jika jumlah estrogen naik, maka justru akan menekan produksi FSH.

Jenis kelenjar endokrin terdapat pada tempat tertentu di dalam tubuh dapat Anda lihat Gambar 8.16.

1. Kelenjar Hipofisis

Kelenjar ini disebut juga kelenjar *pituitari* dan dijuluki *master of glands*, artinya adalah raja kelenjar. Mengapa disebut demikian? Hal ini disebabkan karena sekresinya dapat mengatur kelenjar yang lain.

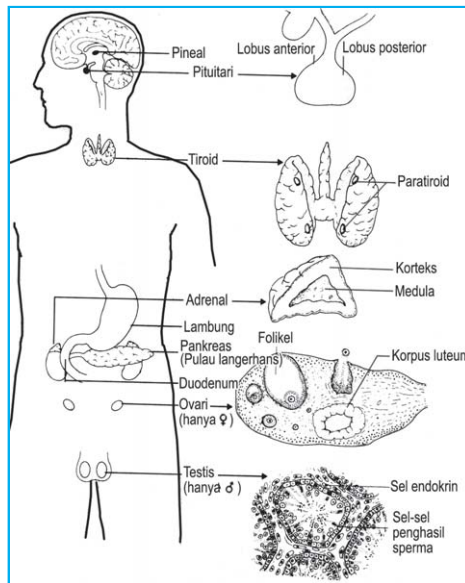
Kelenjar ini terletak di dasar otak dan terdiri atas tiga lobus.

a. Lobus Depan (Anterior)

Bagian lobus depan mensekresikan paling banyak hormon dibandingkan bagian yang lain. Hormon yang disekresikan dapat Anda lihat pada tabel 8.2.

Tabel 8.2 Macam-Macam Hormon Beserta Fungsinya

No.	Nama Hormon	Fungsinya
1.	HGH (Hormon pertumbuhan)	Merangsang pertumbuhan kerangka dan tubuh. Hiposekresi HGH pada anak-anak mengakibatkan pertumbuhan terhambat atau kerdil, sedangkan hipersekresi HGH mengakibatkan gigantisme.
2.	Prolaktin (PRL)	Merangsang sekresi susu setelah melahirkan, meningkatkan reabsorpsi garam oleh ginjal. Pada laki-laki dapat meningkatkan perkembangan kelenjar kelamin dan sekresi hormon testosterone.



Gambar 8.16
Kelenjar endokrin dan letaknya pada tubuh

Sumber: Biologi Kimball, 1992

No.	Nama Hormon	Fungsinya
3.	Hormon perangsang tiroid (TSH)	Merangsang kelenjar tiroid untuk menyekresikan tiroksin. Kelebihan TSH dapat mengakibatkan gondok.
4.	Hormon adrenokortikotropik (ACTH)	Merangsang korteks kelenjar adrenal untuk mensekresikan beberapa hormon.
5.	Hormon perangsang folikel (FSH)	Merangsang perkembangan folikel-folikel dalam ovarium, merangsang sekresi estrogen oleh folikel, dan mempengaruhi pematangan telur pada seorang wanita. Pada laki-laki merangsang perkembangan tubulus seminiferus dan produksi sperma.
6.	Hormon Luteinizing (LH)	Merangsang ovulasi, membentuk korpus luteum, dan merangsang korpus luteum untuk mensekresikan hormon progesterone pada wanita. Pada laki-laki merangsang testis untuk mensekresikan hormon androgen ke aliran darah. Hormon androgen ini merupakan hormon kejantanan pria.
7.	Beta-lipotropin (B – LPH)	Meningkatkan metabolisme lemak.
8.	Hormon perangsang melanosit (MSH)	Merangsang pigmentasi pada kulit.

b. Lobus Tengah

Bagian ini berfungsi untuk mensintesis hormon yang memberikan pigmen warna kulit yang disebut melanocyte stimulating hormone (MSH).

c. Lobus Belakang (Posterior)

Pada bagian ini sebenarnya tidak diproduksi hormon sendiri, melainkan menyimpan hormon-hormon yang dihasilkan oleh sel-sel saraf yang berasal dari hipotalamus otak. Hormon itu, antara lain seperti berikut.

1) Oksitosin

Hormon ini berfungsi untuk mempengaruhi kontraksi uterus saat melahirkan dan mempengaruhi pengeluaran air susu pada seorang wanita. Selain itu, hormon ini juga berpengaruh terhadap pengeluaran *hipofisis anterior* yang spesifik pada seorang laki-laki, yaitu dapat membantu pengeluaran sperma.

2) Antidiuretik (ADH)

Hormon ini memiliki fungsi, antara lain merangsang kontraksi dinding otot arterioli sehingga dapat mempersempit pembuluh tersebut dan dapat meningkatkan tekanan darah serta merangsang reabsorpsi air dari tubulus ginjal.

Coba Anda ingat lagi sistem ekskresi ginjal! Bagaimanakah jika jumlah ADH sedikit dan penyakit apa yang diakibatkan karena hal ini? Bagaimana jika yang terjadi sebaliknya, yaitu apabila jumlah ADH terlalu banyak. Penyakit apa pula yang terjadi pada peristiwa ini? Ini semua sudah dibahas mendalam pada bab sistem ekskresi pada ginjal.

2. Kelenjar Adrenal

Kelenjar ini terletak di bagian atas ginjal dan terdapat sepasang. Kelenjar adrenal terdiri atas 2 bagian yang masing-masing mensekresikan hormon berbeda. Bagian-bagian itu adalah sebagai berikut.

a. Korteks Adrenal

Bagian ini berfungsi mensekresikan hormon-hormon berikut.

1) Glukokortikoid

Fungsi glukokortikoid adalah untuk merangsang pengubahan lemak dan protein ke metabolit-metabolit intermediet yang akhirnya diubah menjadi glukosa, sehingga dapat menyebabkan naiknya kadar glukosa dalam darah.

Dalam dunia kedokteran glukokortikoid digunakan untuk mengobati radang sendi dan keracunan, karena sesuai dengan efeknya ternyata glukokortikoid dapat menekan peradangan dalam tubuh.

2) Mineralokortikoid

Hormon ini merangsang reabsorpsi ion-ion Na^+ dan Cl^- dalam tubulus ginjal, dan dapat mempertahankan tekanan osmotik selalu tinggi, sehingga volume dan tekanan darah menjadi normal.

3) Androgen

Hormon ini berfungsi untuk menentukan sifat kelamin sekunder pria. Fungsi ini dilakukan bersama dengan hormon dari gonad.

b. Medula Adrenal

Bagian ini berfungsi mensekresikan hormon, antara lain seperti berikut.

- 1) *Adrenalin* yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan darah, mempercepat denyut jantung, meningkatkan kadar glukosa darah dan laju metabolisme. Hormon ini disekresikan ketika orang sedang marah, merasa ketakutan, dan mengalami stress. Pada keadaan tersebut kadar hormon adrenalin di dalam tubuh akan naik.
- 2) *Noradrenalin*
Hormon ini juga memiliki fungsi untuk meningkatkan tekanan darah.

3. Kelenjar Tiroid

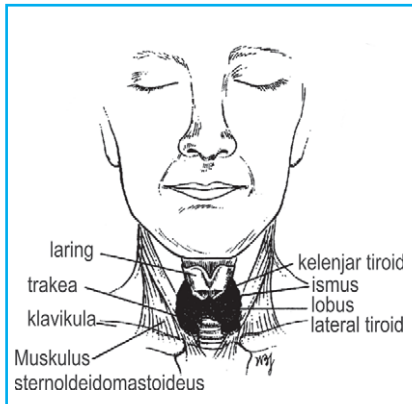
Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan,



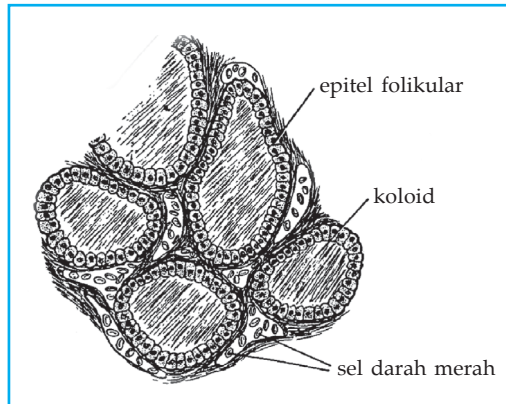
Gambar 8.17 Kretinisme

Kelenjar ini terdapat di daerah leher dan terdiri atas 2 lobus. Kelenjar tiroid mensekresikan hormon tiroksin, yang mempunyai fungsi dalam mempengaruhi proses metabolisme, meningkatkan jumlah panas yang dihasilkan oleh tubuh. Kekurangan hormon ini sebelum dewasa dapat mengakibatkan terjadinya penyakit *kretinisme* (kerdil) seperti terlihat pada Gambar 8.17. Apabila kekurangan hormon tiroksin ini terjadi pada saat sudah dewasa, maka dapat menyebabkan *miksedema*, yaitu suatu kelainan yang terjadi apabila laju metabolisme rendah, dan kelebihan berat badan. Kekurangan tiroksin ini biasanya diakibatkan karena kurangnya konsumsi yodium.

Jika terjadi sebaliknya, yaitu suatu keadaan apabila kadar hormon tiroksin berlebih, maka akan menyebabkan *basedow*, yaitu suatu keadaan seseorang yang aktivitas kerjanya bertambah tetapi badannya kurus. Letak dan struktur kelenjar tiroid dapat Anda lihat pada Gambar 8.18 dan 8.19.!



Gambar 8.18 Kelenjar tiroid



Gambar 8.19 Struktur tiroid

4. Kelenjar Paratiroid

Kelenjar ini juga terdapat di daerah leher di bagian dorsal, kelenjar tiroid dan terdiri atas 4 bagian. Kelenjar ini berfungsi mensekresikan hormon yang disebut *parathormon*. Hormon ini memiliki fungsi, antara lain:

- menaikkan kadar kalsium di dalam darah dengan melepaskan kalsium itu dari tulang;
- menaikkan absorpsi kalsium dari makanan dalam usus;
- menaikkan reabsorpsi kalsium dalam tubulus ginjal.

Dari fungsi ini dapat kita ketahui bahwa hormon ini sangat erat hubungannya dengan kalsium yang ada dalam tubuh.

Apabila jumlah hormon ini berlebih, akan mengakibatkan jumlah kalsium dalam darah bertambah sehingga dapat menyebabkan pengendapan kalsium di dalam ginjal.

Kondisi seperti ini menyebabkan terjadinya pembentukan batu ginjal. Adapun kekurangan hormon ini akan menyebabkan kejang otot yang dinamakan *tetanus*.

5. Pulau Langerhans

Sekumpulan sel-sel ini terdapat di dalam pankreas. Hormon yang disekresikan adalah hormon insulin, yang berfungsi untuk menurunkan kadar gula darah. Normalnya di dalam 100 ml darah mengandung kira-kira 0,1 gram glukosa. Apabila kadar glukosa naik, maka akan merangsang sekresi insulin. Melalui vena porta hepatica, insulin ini ditransfer ke hati untuk mempengaruhi perubahan glukosa menjadi glikogen dan lemak, sehingga dari kegiatan ini dapat meningkatkan penimbunan glikogen di hati.

Apabila tubuh seseorang tidak mampu mengatasi kelebihan glukosa dalam darah dengan mengubahnya menjadi glikogen atau lemak, maka kondisi ini akan mengakibatkan orang tersebut menderita penyakit *diabetes melitus*. Untuk mengantisipasi keadaan ini, biasanya penderita diberikan suntikan insulin untuk mengembalikan metabolisme gula normal dalam tubuh.

Selain hormon tersebut, kelenjar ini juga mensekresikan glukagon yang berfungsi merangsang perubahan glikogen hati menjadi glukosa.

F ALAT INDRA

Tubuh kita dapat merespon suatu keadaan yang terjadi dari luar, misalnya kita dapat merasakan kasar atau halusny sebuah benda, kita dapat melihat aneka warna benda, dapat merasakan makanan, mencium aroma wangi dan sebagainya. Kemampuan itu haruslah kita syukuri sebagai anugerah Tuhan kepada kita.

Kemampuan kita untuk merespons sesuatu yang berasal dari luar itu tidak hanya dilakukan oleh satu organ saja, tetapi masing-masing dilakukan oleh organ yang berbeda beda. Anda melihat dengan mata, mendengar menggunakan telinga, dan mencium bau dengan hidung, meraba dengan kulit, dan mengecap rasa dengan lidah. Coba Anda bayangkan andaikata kita tidak memiliki semua alat-alat itu? Apa yang akan terjadi?

Indra manusia dikatakan seperti jendela untuk mengenal dunia. Karena melalui indra ini Anda dapat melihat, mendengar, merasakan sesuatu sehingga dapat mengenal lingkungannya.

Manusia memiliki panca indra, yaitu sebagai berikut.

1. Indra Penglihat

Manusia melihat dengan mata. Mata manusia berbentuk agak bulat hampir seperti telur ayam dan memiliki prinsip kerja hampir sama seperti kamera. Panjang bola mata dewasa $\pm 2,5$ cm.

a. Struktur Mata

Struktur mata manusia terdiri dari tiga lapisan.

1) Sklera

Sklera merupakan lapisan luar yang sangat kuat. Sklera berwarna putih putih, kecuali di depan. Pada lapisan ini terdapat kornea, yaitu lapisan yang berwarna bening dan berfungsi untuk menerima cahaya masuk kemudian memfokuskannya. Untuk melindungi kornea ini, maka disekresikan air mata sehingga keadaannya selalu basah dan dapat membersihkan dari debu.

2) Koroid

Koroid merupakan lapisan tengah yang kaya akan pembuluh darah, lapisan ini juga kaya akan pigmen warna. Daerah ini disebut iris. Coba Anda perhatikan mata orang Indonesia dengan orang-orang dari negara barat! Apakah perbedaannya? Tentunya pada warna. Orang Indonesia biasanya bermata hitam atau coklat, adapun orang barat biasanya berwarna biru atau hijau. Nah, di bagian irislah terdapatnya perbedaan ini karena di tempat ini memiliki pigmen warna.

Bagian depan dari lapisan iris ini disebut pupil yang terletak di belakang kornea tengah. Pengaruh kerja ototnya yaitu melebar dan menyempitnya bagian ini. Coba Anda masuk ke dalam suatu kamar yang gelap gulita, maka Anda akan berusaha melihat dengan melebarkan mata agar cahaya yang masuk cukup.

Pada kondisi ini disebut dengan *dilatasi*, demikian sebaliknya jika Anda berada pada ruangan yang terlalu terang maka Anda akan berusaha untuk menyempitkan mata karena silau untuk mengurangi cahaya yang masuk yang disebut dengan *konstriksi*. Pada sebuah kamera, pupil ini diibaratkan seperti diafragma yang dapat mengatur jumlah cahaya yang masuk.

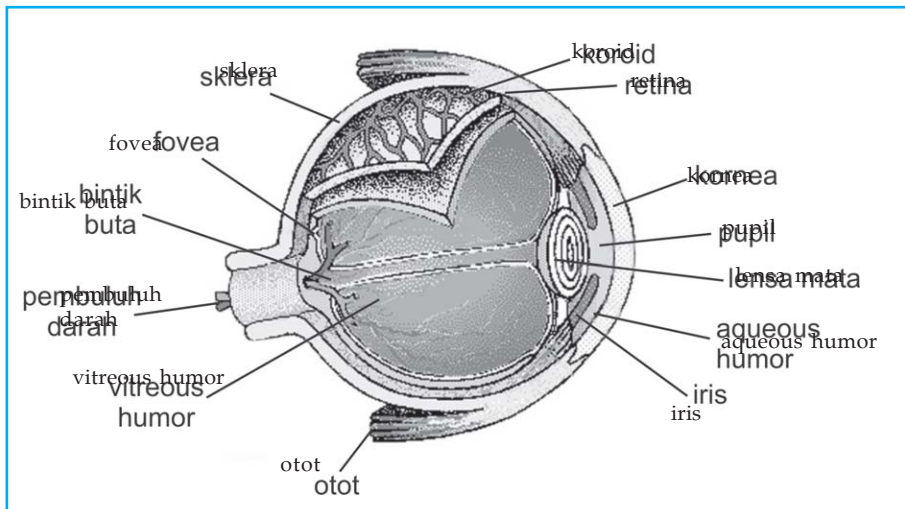
Di sebelah dalam pupil terdapat lensa yang berbentuk cakram otot yang disebut *musculus siliaris*. Otot ini sangat kuat dalam mendukung fungsi lensa mata, yang selalu bekerja untuk memfokuskan penglihatan. Seseorang yang melihat benda dengan jarak yang jauh tidak mengakibatkan otot lensa mata bekerja, tetapi apabila seseorang melihat benda dengan jarak yang dekat maka akan memaksa otot lensa bekerja lebih berat karena otot lensa harus menegang untuk membuat lensa mata lebih tebal sehingga dapat memfokuskan penglihatan pada benda-benda tersebut. Sekarang Anda tahu mengapa aktivitas seseorang yang membaca buku akan membuat mata terasa cepat lelah?

Pada bagian depan dan belakang lensa ini terdapat rongga yang berisi cairan bening yang masing-masing disebut *aqueous humor* dan *vitreous humor*. Adanya cairan ini dapat memperkokoh kedudukan bola mata.



Perlu Diketahui

Berdasarkan riset penelitian, seseorang akan berusaha membesarkan pupil mata ketika melihat sesuatu yang menarik dan sebaliknya akan mengecilkan pupil mata sewaktu melihat hal sesuatu yang kurang menarik



Sumber: Microsoft Encarta Encyclopedia

Gambar 8.20 Struktur mata

Untuk memahami kerja organ di atas cobalah lakukan kegiatan berikut! Berhadapanlah dengan salah seorang teman Anda, kemudian tutuplah mata Anda dengan tangan selama 1 menit. Suruhlah teman Anda untuk mengawasi mata Anda setelah membuka mata kembali.

Apa yang terjadi pada iris mata sebelum mata Anda ditutup? Apa pula yang terjadi pada iris mata setelah mata Anda dibuka kembali? Apakah pula yang terjadi pada pupil?

KEGIATAN KELOMPOK 3

Praktikkan kegiatan berikut!

Berhadapanlah dengan salah satu teman Anda! Suruhlah teman itu untuk memegang kaca di depan matanya! Kemudian Anda coba melempar bola kertas kecil ke arah kaca di depan mata teman! Amatilah yang terjadi pada mata teman Anda itu! Coba bandingkan yang terjadi antara kelopak mata di belakang kaca dengan kelopak mata yang tidak tertutup kaca sewaktu bola dilepar ke atas! Buatlah kesimpulan dari kegiatan ini bersama teman Anda!

3) Retina

Bagian ini merupakan bagian terdalam dari mata. Lapisan ini lunak, namun tipis, hampir menyerupai lapisan pada kulit bawang. Retina tersusun dari sekitar 103 juta sel-sel yang berfungsi untuk menerima cahaya. Di antara sel-sel tersebut sekitar 100 juta sel merupakan sel-sel batang yang berbentuk seperti tongkat pendek dan 3 juta lainnya adalah sel konus (kerucut). Sel-sel ini berfungsi untuk penglihatan hitam dan putih, dan sangat peka pada sedikit cahaya.

Sel-sel batang ini tidak dapat membedakan warna. Suatu zat yang dihasilkan sel-sel batang ini adalah zat warna jingga yang sangat rentan terhadap cahaya, yang disebut *rodopsin*. Artinya jika ada cahaya yang terang maka dapat memudahkan zat warna jingga ini. Hal ini dapat Anda buktikan, ketika Anda berada di luar rumah dengan menatap cahaya matahari, kemudian masuk kembali ke dalam rumah. Apa yang Anda rasakan? Tentunya seketika itu Anda belum dapat melihat benda-benda di dalam rumah. Setelah sekitar 20 detik kemudian Anda baru akan dapat melihat kembali dengan jelas benda-benda di dalam rumah. Mengapa demikian? Zat warna jingga yang pudar karena cahaya yang terang tersebut akan terbentuk kembali dengan memerlukan waktu yang kurang lebih 20 detik. Ketika zat warna jingga sudah terbentuk maka Anda akan dapat melihat di tempat yang redup.

Pada umumnya manusia tidak mempunyai kemampuan melihat dengan baik pada tempat yang gelap dibandingkan dengan hewan. Hal ini terkait adanya sel-sel batang ini. Kucing dan burung hantu merupakan hewan yang memiliki sel-sel batang yang banyak sehingga memiliki kelebihan dapat melihat dengan jelas di tempat yang gelap.



Perlu Diketahui

Apa Iridologi

Iridologi adalah sebuah metode mendeteksi jenis penyakit dan kelemahan berbagai organ tubuh melalui kedua iris mata manusia. Metode ini lebih praktis dibandingkan tes laboratorium seperti tes darah, feces, urin, atau dengan alat-alat canggih seperti USG, CT, Scan, dan lain-lain, yang tentunya memakan biaya sangat mahal. Dengan bermodalkan sebuah kamera digital, pen light dan seperangkat komputer, tentunya pula menguasai iridologi, dokter maupun ahli terapis lainnya dapat menerapkan teknologi tersebut.

Parameter yang menjadi acuan dari metode iridologi bukan dari bentuk mata, tetapi tanda-tanda yang terlihat pada iris mata, seperti warna, garis cekungan, dan lain-lain, akan memberikan informasi kondisi kesehatan pasien. Untuk kasus sama, setiap orang memiliki tanda yang sama di bagian tertentu di iris matanya. Namun untuk penyakit berbeda, mata akan memberikan gambaran yang berbeda pula.

Sumber: Suara Merdeka, Senin 13 Maret 2006

Berkebalikan dari sel-sel batang, sel konus sangat peka terhadap cahaya terang, dan peka terhadap pengamatan warna. Bagian retina yang memiliki sel-sel konus paling banyak adalah fovea. Sedangkan di luar fovea lebih banyak mengandung sel-sel batang. Burung hantu akan mengalami buta di siang hari karena pada retina mengandung sedikit sekali sel-sel konus. Kebalikannya hewan unggas dan bajing buta di malam hari karena memiliki sedikit sekali sel batang.

Pada retina mata terdapat daerah yang tidak terdapat sel-sel batang maupun konus. Daerah ini disebut *bintik buta*.

b. Pembentukan Bayangan

Setelah Anda mengetahui masing-masing bagian dari organ mata di atas Anda dapat menjelaskan bagaimana proses penglihatan dapat terjadi? Apabila ada rangsang cahaya masuk ke mata maka rangsang tersebut akan diteruskan mulai dari kornea, aqueous humor, pupil, lensa, vitreous humor dan terakhir retina. Kemudian akan diteruskan ke bagian saraf penglihat atau saraf optik yang berlanjut dengan lobus osipital sebagai pusat penglihatan pada otak besar. Bagian lobus osipital kanan akan menerima rangsang dari mata kiri dan sebaliknya lobus osipital kiri akan menerima rangsang mata kanan.

Di dalam lobus osipital ini rangsang akan diolah kemudian diinterpretasikan. Sehingga apabila seseorang mengalami kecelakaan dan mengalami kerusakan lobus osipital ini maka dia akan mengalami buta permanen, walaupun bola matanya sehat.

KEGIATAN KELOMPOK 4

Tujuan : Menunjukkan adanya kesan bayangan

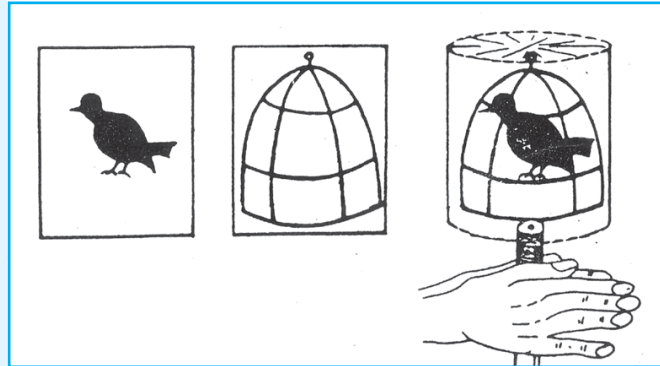
Alat dan Bahan :

1. Bendera merah putih
2. Karton bergambar ukuran 10×10 cm
3. Bambu sebesar pensil
4. pisau dan jarum pensil

Cara Kerja :

- A.
1. Bentangkan bendera merah putih di papan tulis sehingga seluruh murid dapat melihat dengan jelas.
 2. Letakkan secarik kertas putih di bagian merah bendera dan tataplah kertas putih tersebut selama 2 menit.
 3. Alihkan pandangan Anda dengan menatap langit-langit.
 4. Apa yang terjadi? Apa yang tampak di langit-langit?

- B. 1. Siapkan karton ukuran 10×10 cm, kemudian gambarlah pada satu muka gambar burung dan muka yang lain gambar sangkar. Lihat gambar di bawah ini!



Gambar percobaan

2. Belahlah bambu, kemudian selipkan ke dalam belahan dan tusuklah dengan jarum pentul sehingga karton tidak bergerak lepas.
3. Putar-putarlah.
4. Amatilah apa yang terjadi, bayangan apa yang Anda lihat setelah kertas tersebut diputar-putar?

c. Kelainan pada Indera Penglihatan

Mata seperti organ tubuh yang lain juga dapat mengalami kelainan. Beberapa kelainan dan gangguan kesehatan pada mata adalah sebagai berikut.

1) Faktor Keturunan

Kelainan ini terjadi pada sel-sel retina yang dikenal dengan buta warna. Pada kelainan ini penderita tidak dapat membedakan warna-warni benda.

2) Kelainan pada Akomodasi Lensa Mata

a) Astigmat

Astigmat adalah suatu keadaan mata yang mengalami pandangan kabur. Ini disebabkan karena rusaknya kornea mata. Untuk mengatasinya seseorang harus menggunakan kacamata silindris.

b) Miopi (Mata dekat)

Kelainan ini disebabkan karena daya akomodasi yang lemah, sehingga bayangan benda tidak tepat pada bintik kuning melainkan di depan bintik kuning. Gejala kelainan ini yaitu hanya dapat melihat dalam jarak lebih

dekat dari normal, sekitar kurang dari 30 cm, Untuk mengatasinya penderita harus menggunakan kacamata lensa negatif

c) Hipermetropi (mata jauh)

Gejala penyakit hipermetropi adalah seseorang hanya dapat melihat dengan jarak yang jauh sekitar lebih jauh dari 30 cm. Untuk mengatasinya penderita harus menggunakan kacamata lensa positif.

d) Presbiop

Kelainan presbiop sering diderita oleh orang tua, disebabkan karena daya akomodasi berubah-ubah akibat titik proksimum dan remotum penglihatan berubah-ubah. Untuk mengatasinya penderita harus menggunakan kacamata berlensa rangkap yaitu positif dan negatif.

3) Penyakit pada Mata

Penyakit yang terjadi pada mata antara lain seperti berikut.

a) Katarak

Katarak merupakan keadaan pengeruhan pada lensa mata. Sebab-sebabnya adalah diabetes melitus, sinar X, obat-obat kortison dalam waktu lama. Penyakit ini dapat disembuhkan melalui operasi, dengan menanam lensa buatan di dalam bola mata.

b) Trakhoma

Trakhoma merupakan penyakit yang disebabkan terjadinya peradangan konjungktiva, yang diakibatkan karena infeksi virus. Apabila dibiarkan penyakit ini dapat menimbulkan kebutaan.

c) Kekurangan vitamin A

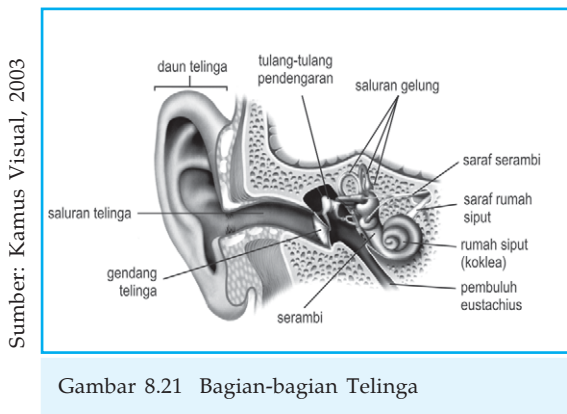
Kelainan yang terjadi karena kekurangan vitamin A yaitu rabun senja. Vitamin A sangat penting untuk kerja retina.

2. Indra Pendengar

Setiap hari beragam bunyi dapat kita dengarkan, misalnya bunyi jam weker yang berdering, ayam berkokok, kicauan burung, derit pintu, gemericik air, dan sebagainya. Semua bunyi itu bisa kita dengar karena kita mempunyai indera pendengar, yaitu telinga.

Mengapa telinga kita dapat mendengar suatu bunyi? Bagaimana proses bunyi dapat terdengar sampai di bagian tersebut? Kemampuan untuk mendengar ini sebenarnya merupakan kemampuan untuk mendeteksi vibrasi mekanis bunyi. Telinga ibarat stasiun penerima gelombang suara dan otaklah yang mengartikan gelombang suara tersebut.

a. Struktur Telinga Manusia



Telinga terdiri atas tiga bagian berikut. Bagian-bagian telinga dapat terlihat pada Gambar 8.21!

1) Telinga Luar

Bagian ini tersusun oleh daun telinga yang dibentuk dari bahan tulang rawan dan lubang saluran suara yang panjangnya 2,5 cm. Telinga luar ini berbentuk corong, sehingga dari

struktur yang dimiliki dapat mengumpulkan gelombang suara dari luar. Sedangkan saluran berfungsi untuk menjaga udara di dalam tetap hangat dan lembab. Di sepanjang saluran ini terdapat banyak bulu kurang lebih 4000 buah kelenjar khusus yang menghasilkan tahi kuping. Bulu-bulu tersebut berfungsi untuk menghalang masuknya serangga dan debu. Jika ada serangga atau debu yang berhasil masuk, maka tahi kuping akan menjaturnya. Tahi kuping juga berfungsi mencegah terjadinya infeksi telinga terutama jika kita berenang di air yang kurang bersih.

2) Telinga Tengah

Telinga tengah terdiri atas tiga bagian.

a) Membran timpani (gendang telinga)

Membran timpani ini berupa selaput tipis yang berfungsi untuk menerima getaran suara. Apabila ada rangsang suara mengenai bagian ini maka akan bervibrasi (bergetar).

b) Tulang pendengaran

Tulang pendengaran terdiri atas tulang martil (*maleus*), tulang landasan (*inkus*) dan tulang sanggurdi (*stapes*). Ketiga tulang ini berfungsi untuk mengkonsentrasi *vibrasi* (getaran).

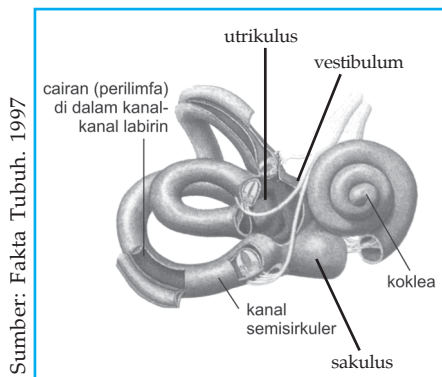
c) Saluran *eustachius*

Saluran *eustachius* menghubungkan antara telinga dengan faring. Inilah yang menyebabkan seseorang yang menderita influenza maka pendengarannya terganggu, karena pada bagian ini tersumbat oleh lendir. Saluran *eustachius* berfungsi untuk menjaga keseimbangan tekanan udara antara udara luar dan dalam telinga.

Pada seorang pilot atau penerjun payung terkadang muncul dengung pada telinga, hal ini disebabkan karena ketika mereka berada pada ketinggian yang berbeda maka akan terjadi penyamaan tekanan yang tiba-tiba pada saat tabung eustachius terbuka selama menelan atau mengucap. Jika mereka dalam keadaan pilek maka hal seperti itu akan menyebabkan rasa sakit karena tekanan yang tidak sama terhadap membran timpani.

Pada bagian tengah telinga juga terdapat 3 macam tulang yaitu tulang martil, tulang landasan dan tulang sanggurdi, yang mempunyai fungsi untuk meneruskan suara dari gendang telinga ke bagian dalam.

3) Telinga Dalam



Gambar 8.22 Bagian telinga dalam

Telinga dalam merupakan bagian dari telinga yang tersusun dari alat-alat seperti terlihat pada Gambar 8.22.

Telinga dalam terdiri dari atas bagian-bagian berikut.

a) Saluran gelung (*kanalis semisirkularis*)

Kanalis semisirkularis merupakan saluran setengah lingkaran yang berjumlah 3 buah. Saluran ini tersusun saling tegak lurus pada sudutnya, dan terdapat pada tulang pelipis. Kanalis semisirkularis berfungsi sebagai reseptor

gravitasi. Kanalis semisirkularis mempunyai dasar yang menggembung disebut ampula.

b) *Vestibulum*

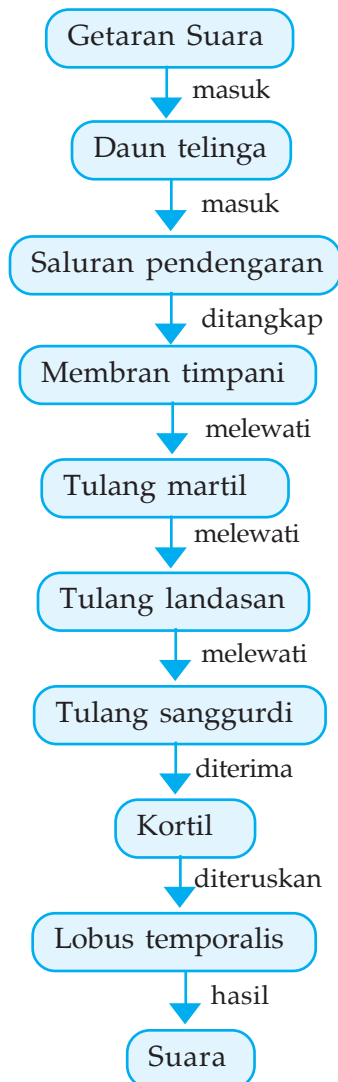
Membran vestibulum terdiri atas *sakula* dan *utrikula* yang berupa kantong dan dilapisi oleh sel-sel rambut dan silia. Di dalam sakula dan utrikula terdapat cairan limfa dan di dalam dindingnya masing-masing memiliki sel reseptor yang disebut dengan *makula*. Kristal kapur tersebar di antara rambut-rambut dalam makula yang disebut dengan *otolith*. Otolith di-pengaruhi oleh gravitasi.

c) Rumah siput (*koklea*)

Bagian ini merupakan alat pendengar yang berbentuk seperti rumah siput. Di dalam koklea terdapat korti yang berfungsi untuk menerima getaran suara.

b. Proses Pendengaran

Bagaimana bunyi dapat kita dengar? Suara sampai pada lubang telinga karena getarannya diterima oleh gendang suara (*membran timpani*). Getaran di membran timpani ini akan diteruskan ke bagian tengah telinga yaitu ke tulang martil, landasan, kemudian sanggurdi. Impuls suara diteruskan ke telinga bagian dalam yaitu ke rumah siput dan merangsang saraf di sekitar cairan rumah siput dan dikirim ke otak. Selanjutnya di otak, suara tersebut diolah sehingga kita dapat mendengar dan mengartikannya. Secara skematis proses mendengar dapat ditulis sebagai berikut.



Gambar 8.23 Skema proses mendengar

c. Kelainan pada Telinga

Telinga dapat mengalami kelainan-kelainan contohnya seperti berikut.

1) Radang telinga (otitis media)

Penyakit ini disebabkan karena virus atau bakteri dan sering menyerang pada anak-anak. Gejalanya adalah sakit pada telinga, demam, dan pendengaran berkurang. Telinga akan mengeluarkan nanah dan kelainan ini dapat memecahkan gendang telinga.

2) Labirintitis

Labirintitis merupakan gangguan pada labirin dalam telinga. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi, gegar otak, dan alergi. Gejalanya antara lain telinga berdengung, mual, muntah, vertigo, dan berkurang pendengaran.

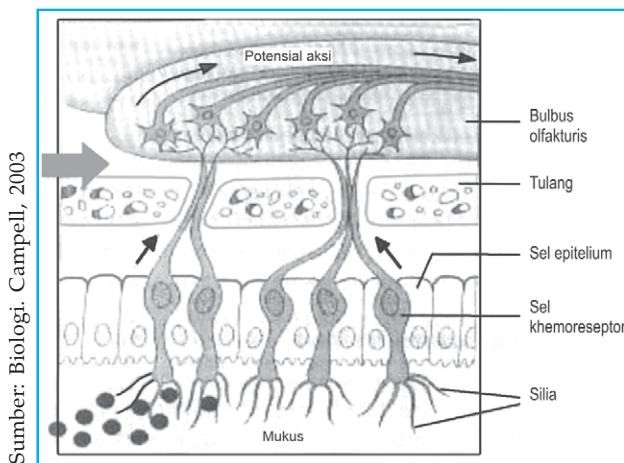
3) Mabuk perjalanan

Dalam perjalanan di laut, udara maupun darat kadang-kadang terjadi semacam rasa mual, pusing, dan muntah-muntah. Orang mengatakan ini adalah mabuk perjalanan. Hal ini terjadi karena gangguan pada fungsi keseimbangan (vestibulum) yang terjadi karena gerakan atau getaran kendaraan.

3. Indra Pembau

Kita dapat mencium bau dengan baik menggunakan indra hidung. Coba rasakan ketika Anda terserang penyakit pilek. Saat terserang penyakit pilek, hidung kita agak sulit mencium bau-bau yang ada.

Hidung terlindung dari lapisan tulang rawan dan bagian rongga dalam mengandung sel-sel epitel yang berfungsi untuk menerima rangsang kimia.



Gambar 8.24 Struktur indra pembau

Bagian tersebut dilengkapi lendir dan rambut-rambut pembau.

Ketika seseorang menderita sakit pilek, maka makanan terasa hambar rasanya dan kita tidak dapat mencermati bau dengan baik. Inilah bukti bahwa antara organ pembau dengan pencium saling bekerja dengan baik. Aroma makanan yang berada di

rongga dalam hidung tidak dapat tercium karena serabut saraf di situ tertutup oleh lendir pilek. Kita merasakan bau buah apel berbeda dengan jeruk dan pepaya karena adanya organ pembau.

Di dalam rongga hidung terdapat selaput lendir yang mengandung sel-sel pembau. Pada sel-sel pembau terdapat ujung-ujung saraf pembau atau saraf kranial (*nervus alfaktorius*), yang selanjutnya akan bergabung membentuk serabut-serabut saraf pembau untuk menjalin dengan serabut-serabut otak (*bulbus alfaktorius*). Struktur indra pembau dapat dilihat pada Gambar 8.24.

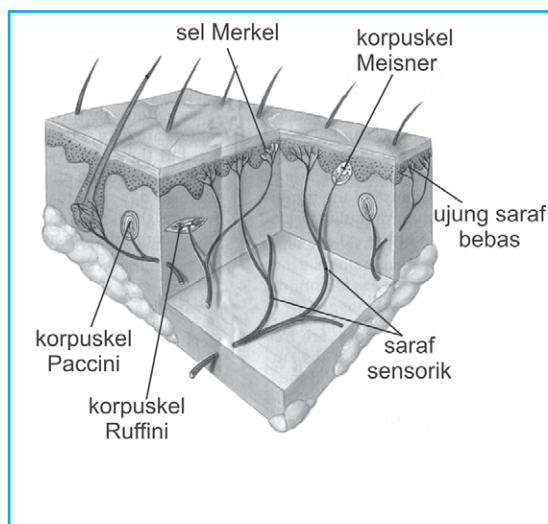
4. Indra Peraba

Jika Anda ingin mengetahui tekstur dari suatu permukaan, seperti halus atau kasar benda, maka dapat Anda lakukan dengan merabanya. Inilah fungsi kulit sebagai indera peraba. Kulit kita mempunyai kepekaan terhadap rangsang seperti panas, dingin, tekanan, sentuhan dan rasa sakit karena di bagian tersebut banyak terdapat saraf-saraf sensorik yang bekerja secara spesifik, misalnya rangsang sentuhan diterima oleh reseptor *korpuskel*

meissner, rangsang tekanan diterima oleh reseptor *korpuskel paccini*, dan rangsang dingin diterima oleh reseptor *ruffini*.

Permukaan kulit mengandung saraf-saraf yang memiliki bentuk dan fungsi yang berbeda-beda. Ujung saraf peraba ada empat macam, yaitu sebagai berikut.

- Paccini*, merupakan ujung saraf pada kulit yang peka terhadap rangsangan berupa tekanan, letaknya di sekitar akar rambut.
- Ruffini*, merupakan ujung saraf pada kulit yang peka terhadap rangsangan panas.

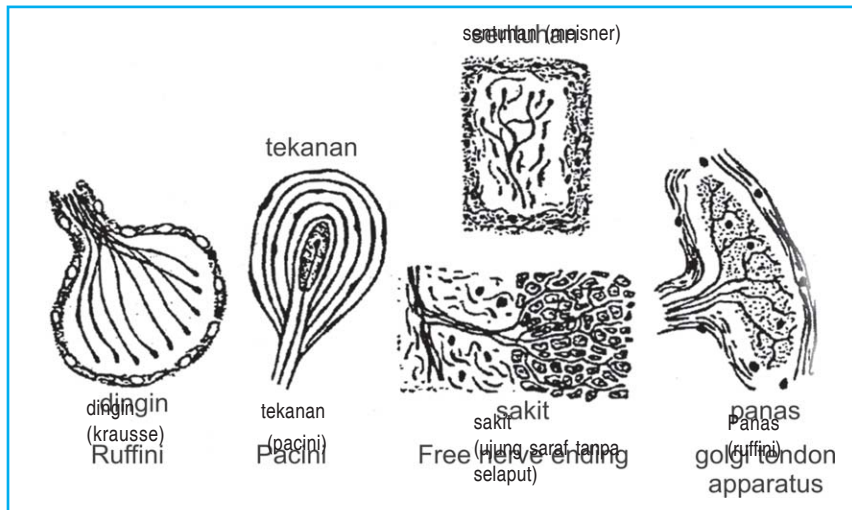


Gambar 8.25 Penampang kulit dengan saraf peraba pada kulit

Sumber Essentials of Anatomy dan Physiology, 2000

- c. *Meisner*, merupakan ujung saraf perasa pada kulit yang peka terhadap sentuhan.
- d. *Krause*, merupakan ujung saraf perasa pada kulit yang peka terhadap rangsangan dingin.

Untuk memahami struktur saraf kulit tersebut dapat Anda perhatikan Gambar 8.26!



Sumber: Biologi 2 Depdikbud, 1994

Gambar 8.26 Lima tipe reseptor pada kulit

Permukaan kulit yang kaya akan ujung-ujung saraf peraba adalah ujung jari telunjuk, telapak tangan, telapak kaki, samping kiri kanan leher, dan lain-lain. Sel-sel peraba juga terdapat pada pangkal rambut. Bila rambut yang muncul di permukaan kulit tersentuh oleh suatu benda, maka sel-sel saraf akan terangsang.



Perlu Diketahui

Pada orang buta indra peraba sangat peka. Indra peraba ini difungsikan dalam bekerja dan menjaga diri pada saat membaca menggunakan huruf Braille, saraf-saraf peraba bekerja dan meneruskannya ke pusat saraf di otak sehingga bisa ditafsirkan.

5. Indra Pengecap

Banyak sekali jenis makanan dan minuman yang ada di sekitar kita. Rasa makanan dan minuman itu bermacam-macam, ada yang manis, asin, asam, bahkan ada pula yang pahit. Kita dapat merasakan rasa manis, asin, asam, dan pahit menggunakan lidah.

Rasa yang dikenal lidah terdiri atas 4 rasa seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Daerah lidah juga mengenali rasa yang spesifik, yaitu rasa manis oleh bagian pangkal lidah, rasa asam oleh bagian tepi depan kiri dan kanan, serta rasa asin di bagian tepi belakang kiri dan kanan.

Lidah terdiri atas dua kelompok otot yaitu *otot intrinsik* yang berfungsi untuk melakukan semua gerakan lidah dan *otot ekstrinsik*. Otot ekstrinsik ini mengaitkan lidah pada bagian-bagian sekitarnya serta melakukan gerakan-gerakan kasar yang sangat menekannya pada langit-langit dan gigi, kemudian mendorongnya masuk ke faring.

Permukaan atas lidah seperti beludru, yang ditutupi oleh beberapa lapisan, antara lain seperti berikut.

a. *Papila filiformis*

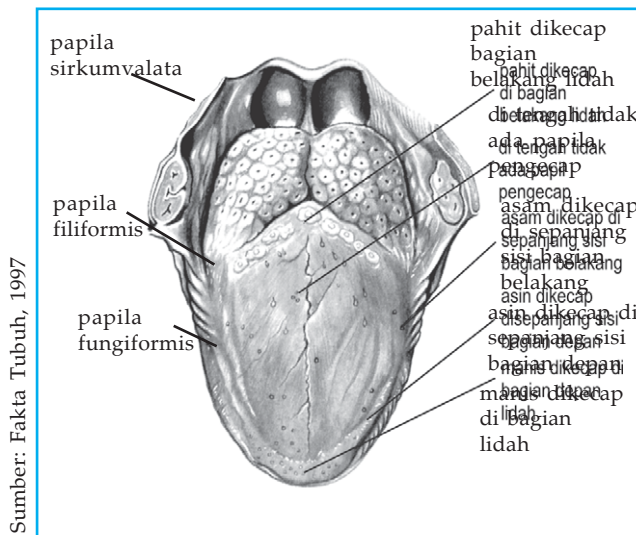
Papila filiformis banyak dan menyebar pada seluruh permukaan lidah yang berfungsi untuk menerima rasa sentuh dari rasa pengecapan.

b. *Papila sirkumvalata*

Papila sirkumvalata memiliki bentuk V dan terdapat 8–12 jenis yang terletak di bagian dasar lidah. Papila ini berukuran paling besar daripada yang lain.

c. *Papila fungiformis*

Papila fungiformis menyebar pada permukaan ujung dan sisi lidah dan berbentuk jamur. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 8.27!



Gambar 8.27 Lidah dan bagian-bagian perasa makanan.

Dari materi di atas Anda sudah mendapatkan penjelasan tentang indra. Untuk lebih memahami, maka lakukan kegiatan mengamati model indra di laboratorium sekolah Anda! Sebutkan nama indera tersebut, dan sebutkan pula bagian-bagiannya beserta fungsinya!

Sumber: Fakta Tubuh, 1997

RANGKUMAN

1. Sistem regulasi terdiri atas sistem saraf, endokrin, dan indra.
2. Struktur dari sel saraf terdiri atas badan sel, dendrit, dan akson.
3. Akson terdiri atas neurofibril, sel mielin, dan nodus ranvier.
4. Sel saraf dibedakan menjadi 3 macam, yaitu saraf sensori, motor, dan interneuron (asosiasi)
5. Mekanisme jalannya impuls saraf melalui sel saraf dan sinaps.
6. Sel saraf terdiri atas sel saraf pusat dan saraf tepi.
7. Saraf pusat tersusun dari otak dan sumsum tulang belakang.
8. Saraf tepi tersusun dari saraf sadar dan tak sadar (otonom).
9. Saraf sadar terdiri atas saraf simpatik dan parasimpatik.
10. Sistem endokrin menghasilkan kelenjar, antara lain kelenjar hipofisis, adrenal, tiroid, paratiroid dan langerhans.
11. Indera tubuh terdiri atas indera penglihat, pendengar, pembau, dan pengecap.

LATIHAN

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Neuron yang berfungsi untuk menghantarkan impuls saraf dari alat indra menuju ke otak atau sumsum tulang belakang adalah
 - a. neuron sensorik
 - b. neuron motorik
 - c. neuron bipolar
 - d. neuron unipolar
 - e. neuron konektor
2. Sistem saraf pusat terdiri atas
 - a. otak dan saraf otonom
 - b. otak dan saraf tepi
 - c. otak dan sumsum tulang belakang
 - d. saraf dan simpatik dan parasimpatik
 - e. 12 pasang saraf kranial dan 31 pasang saraf spiral

3. Bagian mata yang merupakan reseptor cahaya adalah
 - a. sklera
 - b. retina
 - c. vitreous humor
 - d. kornea
 - e. fovea
4. Miopi merupakan kelainan pada mata yang disebabkan karena
 - a. usia lanjut
 - b. kornea mata tidak rata
 - c. lensa mata terlalu cembung
 - d. lensa mata terlalu cekung
 - e. lensa mata terlalu pipih
5. Makanan yang dapat dirasakan bagian-bagian lidah pada ujung, pinggir (tepi) depan, dan pangkal berturut-turut adalah
 - a. pahit, asam, manis
 - b. asam, manis, pahit
 - c. manis, asin, asam
 - d. manis, asin, asam
 - e. manis, asam, pahit
6. Fungsi saluran *Eustachius* pada telinga adalah
 - a. menghubungkan membran timpani dengan koklea
 - b. menghubungkan tulang-tulang pendengaran dengan selaput pendengaran
 - c. menghubungkan bagian telinga tengah dengan rongga faring
 - d. menghubungkan alat korti dengan perilimfa
 - e. menghubungkan jendela lonjong dengan jendela bulat
7. Rangsangan nyeri dapat diterima oleh sel-sel reseptor pada kulit, terutama pada bagian
 - a. subkutan
 - b. dermis
 - c. epidermis
 - d. subkutan dan dermis
 - e. subkutan dan epidermis

8. Saraf parasimpatik memiliki fungsi untuk
 - a. melindungi akson dan memberikan nutrisi
 - b. mengatur impuls dari neuron sensorik ke neuron motorik
 - c. mempercepat kerja organ-organ tubuh
 - d. menghentikan kerja organ-organ tubuh
 - e. memperlambat kerja organ-organ tubuh
9. Susunan saraf tepi terdiri atas
 - a. akson dan dendrit
 - b. otak tengah dan otak kecil
 - c. saraf dari kranial dan spinalis
 - d. olfaktori dan auditori
 - e. sayap dorsal dan sayap ventral
10. Fungsi talamus dari otak depan adalah
 - a. mengatur denyut jantung dan penyempitan pembuluh darah
 - b. mempercepat kerja jantung
 - c. mengkoordinasi kerja otot, tonus otot, keseimbangan dan posisi tubuh
 - d. melaksanakan gerak refleks pada mata
 - e. menerima semua rangsangan yang berasal dari reseptor
11. Membran timpani merupakan bagian telinga yang berada di dalam
 - a. telinga dalam
 - b. telinga luar
 - c. telinga tengah
 - d. eustachius
 - e. koklea
12. Saraf-saraf indera pembau memiliki sifat
 - a. mekanoreseptor
 - b. termoreseptor
 - c. fotoreseptor
 - d. hidromoreseptor
 - e. kemoreseptor
13. Kelenjar yang terbesar di dalam tubuh dan memiliki fungsi paling penting adalah

a. tiroid	d. paratiroid
b. pankreas	e. hipofisis
c. adrenalin	

14. Rangsangan pada gerak refleks yang diolah dengan jalan terpendek, yaitu
 - a. lengkung refleks
 - b. viseral eferen
 - c. neuron sensorik
 - d. neuron konektor
 - e. neuron motorik
15. Diabetes mellitus terjadi karena hipofungsi dari kelenjar
 - a. pankreas
 - b. gonad
 - c. langerhans
 - d. anak gondok
 - e. anak ginjal

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Gambarlah sebuah sel saraf kemudian sebutkan bagian-bagiannya dan jelaskan fungsinya!
2. Jelaskan yang dimaksud gerak refleks!
3. Bagian otak manakah yang berperan dalam koordinasi dan pengendalian gerak otot dan berpikir?
4. Sebutkan dan jelaskan beberapa kelainan/gangguan pada sistem saraf!
5. Ada berapa macam sistem saraf pada manusia? Sebutkan dan jelaskan fungsinya masing-masing!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Jika ada seseorang yang hilang ingatan (amnesia), apakah ini ada hubungannya dengan sistem saraf pada tubuhnya? Bagaimana hal ini bisa terjadi? Jelaskan!
2. Pernahkah Anda mendengar kelainan pada anak yang disebut hiperaktif? Pada kelainan ini seorang anak memiliki aktivitas gerak yang terlalu aktif. Jika dihubungkan dengan pengaturan gerak pada sistem saraf, gerakan pada anak tersebut termasuk ke dalam gerak disadari atau tidak disadari? Jelaskan jawaban Anda!
3. Ada berapa macam sistem endokrin pada manusia? Sebutkan dan jelaskan hormon apa saja yang diekskresikan!
4. Jika Anda mendengarkan suara musik yang merdu maka Anda akan merasa terhibur. Coba Anda jelaskan bagaimana proses jalannya impuls sampai Anda dapat mendengarkan suara tersebut?
5. Ada suatu anggapan bila otak sering diasah akan menyebabkan seseorang menjadi pandai. Apakah maksudnya? Bagaimana peristiwa itu dapat terjadi?

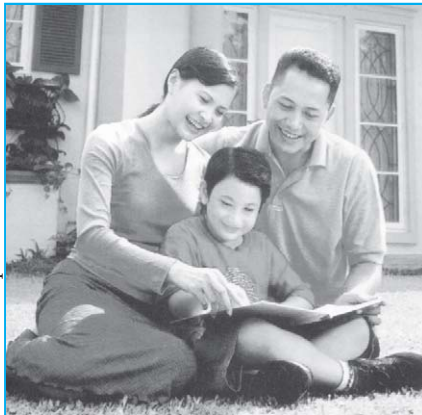
BAB 9

SISTEM REPRODUKSI

Tujuan Pembelajaran

Pada bab ini Anda akan mempelajari tentang sistem reproduksi pada manusia. Dengan mempelajari materi pada bab ini diharapkan Anda mampu mengerti dan memahami tentang struktur, fungsi, dan proses yang terjadi pada sistem reproduksi. Selain itu, diharapkan Anda dapat mengetahui kelainan yang dapat terjadi pada sistem reproduksi manusia sehingga dapat mencegah agar tidak mengalami gangguan itu.

Sumber: Tempo 25 Maret 2005



Gambar 9.1
Sebuah keluarga dengan satu anak

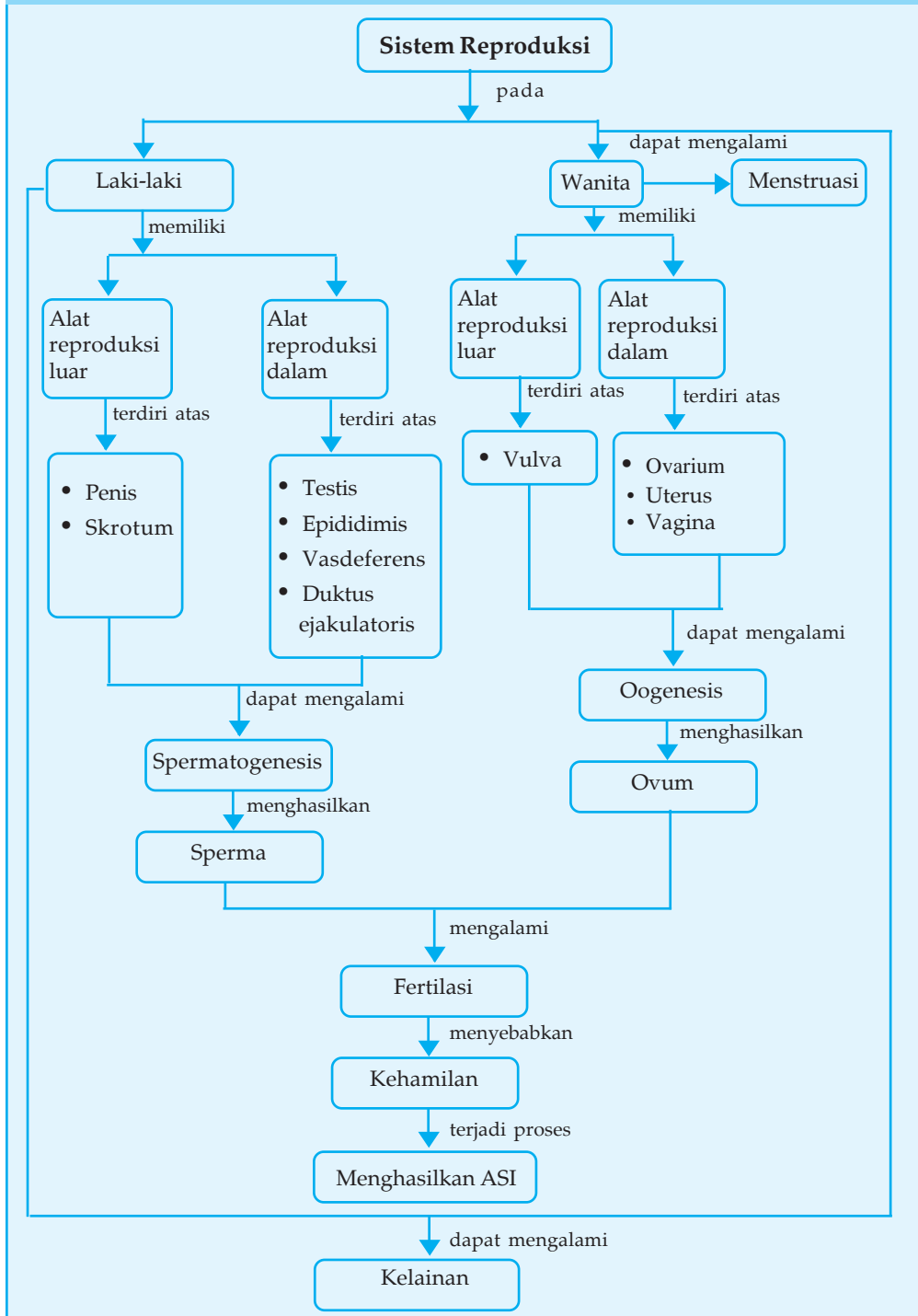
Kata Kunci

- spermatogenesis
- ovulasi
- vasdeferens
- sperma
- ovum
- ovarium
- testis
- oviduk (tuba falopii)
- korpus luteum
- menstruasi

Berkembang biak merupakan salah satu ciri makhluk hidup sebagai usaha untuk melestarikan jenisnya. Kita sebagai manusia juga melakukan aktivitas tersebut. Gambar 9.1 memperlihatkan sebuah keluarga dengan satu anak yang merupakan hasil keturunan dari seorang laki-laki (ayah) dan seorang perempuan (ibu).

Di dunia ini terdapat dua jenis kelamin manusia, yaitu laki-laki dan perempuan. Pada usia belasan tahun, seseorang dikatakan memasuki dewasa. Pada usia tersebut, manusia mampu menghasilkan gamet atau sel kelamin.

PETA KONSEP



Ketika seorang laki-laki dan perempuan menikah di usia dewasa, setelah terjadinya perkawinan biasanya akan menghasilkan anak. Dengan demikian, ada usaha memperbanyak diri atau keturunan dari mereka. Peristiwa tersebut merupakan bentuk reproduksi pada manusia.

Dari suatu pernikahan, setiap pasangan tentu ingin mendapatkan keturunan (anak). Dengan memiliki keturunan, maka orang tua, yaitu ayah dan ibu dapat mewujudkan harapan-harapannya. Selain itu, tujuan yang lebih penting adalah dapat melestarikan jenisnya.

Bagaimana urutan yang terjadi dalam proses reproduksi? Untuk mengetahuinya, pelajailah materi berikut ini dengan baik!

A REPRODUKSI PADA LAKI-LAKI

Manusia berkembang biak dengan cara kawin atau seksual. Dalam proses itu diperlukan alat-alat reproduksi, baik alat reproduksi wanita maupun laki-laki. Bagaimana cara kerja masing-masing bagian-bagian organ reproduksi itu? Pelajailah materi berikut dengan baik!

1. Alat Reproduksi Laki-Laki

Untuk mengetahui dan memahami tentang struktur alat reproduksi pada laki-laki, perhatikan Gambar 9.2 berikut!

Dari Gambar 9.2 terlihat bahwa alat reproduksi laki-laki dibedakan menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut.

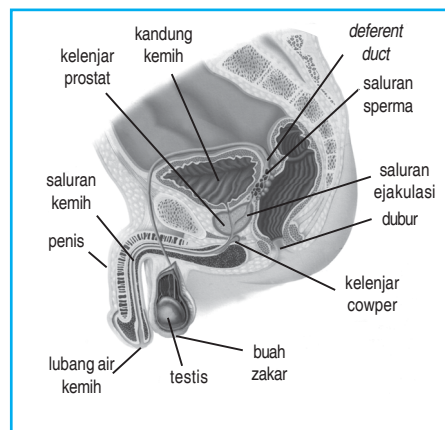
a. Alat Reproduksi Luar

Alat-alat ini terletak di luar tubuh, terdiri atas bagian-bagian berikut.

1) Penis

Penis merupakan alat reproduksi yang berfungsi untuk *kopulasi* (persektubuhan). Pada penis terdapat tiga rongga, dua rongga di antaranya di bagian bawah. Ketiga rongga tersebut dibentuk dari jaringan spons. Rongga bagian atas tersusun dari jaringan spons *korpus kavernosa* sedangkan rongga bagian bawah tersusun dari jaringan spons *korpus spongiosum*. Di dalam penis terdapat saluran yang disebut uretra. Ketika terjadi ejakulasi, sperma keluar melalui saluran *uretra* dalam penis.

Penis bagian dalam juga disusun oleh jaringan erektile dengan rongga-rongga yang banyak mengandung pembuluh darah. Bagian ini juga dilengkapi dengan ujung-ujung saraf perasa. Pada saat ereksi penis menjadi



Sumber: Kamus Visual, 2003

Gambar 9.2 Organ reproduksi laki-laki

tegang dan mengembang yang disebabkan rongga-rongga jaringan erektile terisi penuh oleh darah.

2) Skrotum

Skrotum disebut juga kantong pelir. Di dalam skrotum terdapat alat reproduksi dalam yang disebut *testis*. Pada alat reproduksi laki-laki terdapat dua skrotum yaitu skrotum bagian kanan dan kiri. Skrotum disusun oleh otot-otot berikut.

a) Otot *dartos*

Otot dartos merupakan otot yang membatasi antara skrotum kanan dan kiri. Otot dartos berfungsi untuk menggerakkan skrotum untuk mengerut dan mengendur. Skrotum memiliki adaptasi terhadap udara yang panas maupun dingin. Pada saat udara panas maka tali yang mengikat skrotum akan mengendur untuk membiarkannya turun lebih jauh dari tubuh. Sebaliknya apabila udara dingin maka tali tersebut akan menarik skrotum mendekati tubuh sehingga akan tetap hangat. Hal ini dilakukan untuk menunjang fungsi dari testis.

b) Otot *kremaster*

Otot kremaster merupakan penerusan otot lurik dinding perut. Otot ini berfungsi untuk mengatur suhu lingkungan testis agar stabil, karena proses spermatogenesis dapat berjalan dengan baik pada suhu stabil, yaitu 3°C lebih rendah dari suhu di dalam tubuh. Suhu yang tidak sesuai akan menghambat produksi spermatozoa. Gangguan demam dapat mengakibatkan penurunan produksi spermatozoa. Pada pria dianjurkan memakai pakaian yang longgar untuk menunjang kesuburan laki-laki.

Struktur dari kantong skrotum yaitu banyak lipatan kulit yang berfungsi untuk memperluas permukaan penguapan. Kulit kantong skrotum memiliki banyak kelenjar keringat, untuk mendinginkannya dilakukan melalui proses penguapan air keringat.

b. Alat Reproduksi Dalam

Alat reproduksi dalam terletak di dalam tubuh, yang terdiri atas bagian-bagian berikut.

1) Testis

Testis terdapat dalam kantong skrotum yang berfungsi untuk memproduksi sperma. Sel-sel yang menghasilkan sperma disebut *tubulus seminiferus*, yang berukuran hampir sama dengan serabut benang sutera yang paling halus.

Proses pembentukan sperma ini disebut *spermatogenesis*. Sperma yang dihasilkan oleh seorang laki-laki dewasa normal kurang lebih 100 juta sel sperma setiap hari. Sperma ini berfungsi dalam meneruskan keturunan.

Testis juga menghasilkan hormon reproduksi yaitu, *testosteron*. Hormon ini dihasilkan oleh sel-sel *Leydig* yang terletak di celah-celah antara tubulus

seminiferus. Hormon testosteron sangat berpengaruh terhadap perkembangan kelamin sekunder pada seorang laki-laki.

Ciri-ciri kelamin sekunder pada seorang laki-laki antara lain:

- suara yang membesar,
- tumbuhnya kumis, jenggot, serta rambut pada bagian tertentu,
- bentuk dada yang bidang.

Hormon testosteron ini juga akan menentukan sikap mental seorang laki-laki, serta penampilan kejantanan tubuhnya. Tanpa hormon ini seorang laki-laki akan berkulit lembut, lemah gemulai, seperti ciri-ciri seorang wanita.

Coba Anda perhatikan seorang waria, yaitu seorang laki-laki, tapi mempunyai penampilan seperti seorang wanita. Jika dikaitkan dengan adanya hormon testosteron ini, apa yang terjadi pada orang tersebut?

Pada seorang laki-laki testis dapat mengalami gangguan, antara lain tumor, yaitu pembengkakan yang terjadi pada testis. Pembengkakan dapat juga diakibatkan pengumpulan cairan antara lapisan-lapisan pembungkus atau pembesaran pembuluh darah balik. Gondongan pada orang dewasa dapat pula menyebabkan pembengkakan dan peradangan testis sehingga menimbulkan kemandulan.



Perlu Diketahui

Testis memiliki bentuk bulat telur, dengan panjang ± 3 cm, garis tengah yang terbesar $\pm 1,75$ cm dan beratnya 15 gram. Di dalamnya terdapat 1000 selang kecil yang rata-rata panjang 45 cm. coba Anda bayangkan apabila dari 1000 selang kecil tersebut disambung-sambung, berapa panjang total selang tersebut?

2) Epididimis

Epididimis merupakan saluran yang memiliki panjang 7 meter dan menghubungkan antara testis dengan vas deferens. Di dalam epididimis ini, sperma yang dihasilkan di dalam testis akan ditampung untuk beberapa saat, kurang lebih selama 2 minggu dan mengalami proses pematangan hingga sperma menjadi dewasa. Sebelum matang, sperma tidak dapat membuahi sel telur.

3) Vasdeferens

Setelah sperma dewasa, dari saluran epididimis sperma disalurkan ke dalam *vas deferens*. Vas deferens menghasilkan *sekret dan kelenjar*, antara lain seperti berikut.

- Kelenjar prostat

Kelenjar prostat tersusun melingkar, terletak pada bagian atas uretra dan di bagian bawah kantong kemih. Getah yang dihasilkan oleh kelenjar prostat mengandung kolesterol, fosfolipid, garam.

b) Kelenjar cowper

Kelenjar cowper (*bulbouretra*) memiliki saluran yang langsung menuju uretra. Getah yang dihasilkan kelenjar cowper bersifat basa.

c) Vesikula seminalis

Vesikula seminalis (kantong semen) terdapat di belakang kantung kemih, yang memiliki struktur berlekuk-lekuk.

Di dalam saluran ini, sperma bercampur dengan produk dari kelenjar-kelenjar tersebut.

Fungsi dari sekret ini antara lain seperti berikut.

- a) Menyediakan zat gizi yang dibutuhkan oleh spermatozoa, seperti karbohidrat, vitamin, dan asam amino. Karbohidrat yang dibutuhkan dalam bentuk fruktosa.
 - b) Sekret bersifat basa yaitu memiliki pH 7,2 - 7,4, sehingga dapat menetralkan asam yang terdapat di liang senggama wanita. Karena spermatozoa dapat mati jika berada pada pH asam.
 - c) Sekret mengandung lendir pelumas dan zat yang disebut prostaglandin yang dapat merangsang pergerakan dinding rahim
- Sperma bersama sekret inilah yang disebut dengan air mani atau semen. Di dalam vas deferens, sperma dapat bertahan hidup selama 6 minggu, tetapi apabila berada pada tubuh wanita hanya bertahan selama 1-2 hari.

4) Duktus ejakulatoris

Setelah dari vas deferens, mani yang terbentuk akan dialirkan ke bagian saluran pemancaran yang disebut *duktus ejakulatoris*. Dari bagian ini, sperma disemprotkan lewat saluran di dalam penis yaitu *uretra*. Pada keadaan ini, penis dalam keadaan menegang, untuk dapat menyalurkan semen ke dalam alat kelamin wanita, peristiwa ini disebut *ejakulasi*. Di sekitar penis terdapat otot-otot yang sangat mudah untuk berkontraksi. Keadaan di mana otot penis berkontraksi sehingga mengakibatkan penis tegang disebut *ereksi*. Sperma yang tidak dikeluarkan dari dalam tubuh akan mati lalu diserap oleh tubuh.

KEGIATAN KELOMPOK 1

Tujuan: Memahami struktur dan fungsi dari alat reproduksi laki-laki.

Alat dan Bahan :

1. Gambar alat reproduksi laki-laki
2. Model alat reproduksi laki-laki

Cara Kerja:

1. Amatilah gambar atau model alat reproduksi pada laki-laki
2. Gambarlah strukturnya pada buku tugas!
3. Sebutkanlah bagian-bagiannya dan jelaskan fungsinya masing-masing!
Buatlah dalam bentuk tabel agar lebih jelas.
4. Presentasikan hasilnya di depan kelas!

2. Pembentukan Sel Kelamin

Seorang laki-laki normal yang sudah memasuki usia dewasa akan menghasilkan sel kelamin laki-laki atau sering disebut sperma. Adapun sperma ini terbentuk di dalam testis. Proses pembentukan *sperma* disebut *spermatogenesis*. Sel induk sperma mempunyai kromosom sebanyak 23 pasang. Sel-sel ini disebut *spermatogonia*.

Sudah dijelaskan sebelumnya bahwa sperma diproduksi oleh *tubulus seminiferus*. Hal yang mengagumkan dari kerja tubulus seminiferus ini adalah mampu memproduksi sperma setiap hari sekitar 100 juta spermatozoa. Jumlah yang normal spermatozoa berkisar antara 35 - 200 juta, tetapi mungkin pada seseorang hanya memproduksi kurang dari 20 juta, maka orang tersebut dapat dikatakan kurang subur.

Biasanya faktor usia sangat berpengaruh terhadap produksi sperma. Seorang laki-laki yang berusia lebih dari 55 tahun produksi spermanya berangsur-angsur menurun. Pada usia di atas 90 tahun, seseorang akan kehilangan tingkat kesuburan.

Selain usia, faktor lain yang mengurangi kesuburan adalah frekuensi melakukan hubungan kelamin. Seseorang yang sering melakukan hubungan kelamin akan berkurang kesuburannya. Hal ini disebabkan karena sperma belum sempat dewasa sehingga tidak dapat membuahi sel telur. Berkebalikan dengan hal itu, apabila sperma tidak pernah dikeluarkan maka spermatozoa yang telah tua akan mati lalu diserap oleh tubuh.

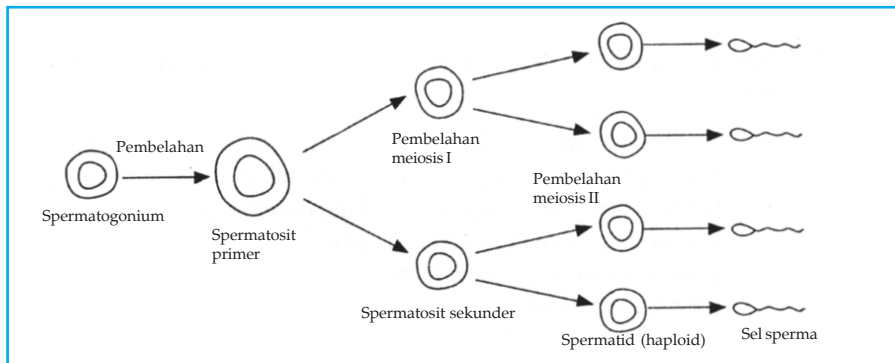
a. Spermatogenesis

Proses pembentukan sperma bermula dari pembelahan secara mitosis dari sel-sel spermatogonia, selanjutnya sel-sel spermatogonia mengalami perkembangan menjadi spermatosit primer. Spermatosit primer masih bersifat *diploid* dan memiliki kromosom sebanyak 23 pasang. Melalui



Perlu Diketahui

Manusia membutuhkan waktu 74 hari untuk membentuk spermatozoa. Tikus membutuhkan waktu 50 hari, sedangkan kelinci membutuhkan waktu 49 hari.



Gambar 9.3 Proses spermatogenesis

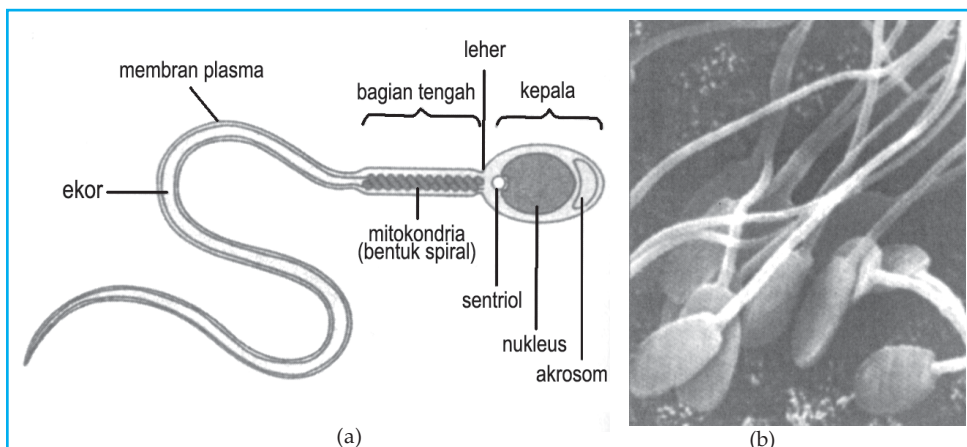
Sumber: Intisari Biologi, Hipokrates, 2003.

pembelahan secara meiosis tahap I, maka spermatosit primer yang diploid itu akan menghasilkan spermatosit sekunder yang bersifat *haploid*.

Setelah itu, spermatosit sekunder mengalami pembelahan meiosis tahap II yang menghasilkan 4 spermatid dan akan mengalami *diferensiasi*. Dalam proses tersebut kemudian akan kehilangan banyak sitoplasma dan membentuk spermatozoa atau sel-sel sperma. Agar lebih jelas, perhatikan Gambar 9.3!

b. Struktur Sperma

Sel-sel sperma memiliki struktur yang khusus. Untuk memahami struktur sel-sel sperma secara langsung, Anda dapat melakukan pengamatan dengan mikroskop terhadap sel-sel sperma, baik berupa preparat awetan maupun preparat segar yang telah Anda buat terlebih dahulu. Untuk membandingkan dengan pengamatan yang telah Anda lakukan, cobalah perhatikan pula Gambar 9.4!



Gambar 9.4 Struktur sperma manusia (a) dan macam-macam bentuk sperma manusia (b)

Sumber: Biologi. Campbell, 2003

Jika Anda perhatikan, struktur spermatozoa tersebut terlihat mempunyai bentuk mirip seperti kecebong (anak katak yang baru menetas), terdapat bagian kepala dan ekor.

Berdasarkan Gambar 9.4 dan hasil pengamatan Anda dengan mikroskop, dapat terlihat bahwa sel-sel sperma memiliki struktur sebagai berikut.

1) Kepala

Pada bagian ini terdapat inti sel. Bagian kepala dilengkapi dengan suatu bagian yang disebut dengan *akrosom*, yaitu bagian ujung kepala sperma yang berbentuk agak runcing dan menghasilkan enzim *hialuronidase* yang berfungsi untuk menembus dinding sel telur.

Di bagian kepala ini terdapat 22 kromosom tubuh dan 1 kromosom kelamin yaitu kromosom X atau Y, kromosom X untuk membentuk bayi berkelamin perempuan, sedangkan kromosom Y untuk membentuk bayi berkelamin laki-laki. Kromosom kelamin laki-laki inilah nantinya yang akan menentukan jenis kelamin pada seorang bayi.

2) Bagian tengah

Bagian tengah mengandung *mitokondria* yang berfungsi untuk pembentukan energi. Energi tersebut berfungsi untuk pergerakan dan kehidupan sel sperma. Bahan bakar dalam pembentukan energi ini adalah fruktosa.

3) Ekor

Bagian ekor lebih panjang, bersifat *motil* atau banyak bergerak. Fungsinya adalah untuk alat pergerakan sperma sehingga dapat mencapai sel telur. Pergerakan sel ini maju didorong oleh bagian ekor dengan pergerakan menyerupai sirip belakang ikan.

Pembentukan sperma dipengaruhi oleh hormon *FSH* (*Follicle Stimulating Hormone*) dan *LH* (*Lutenizing Hormone*). Pembentukan *FSH* dan *LH* dikendalikan oleh hormon *gonadotropin* yaitu hormon yang disekresikan oleh kelenjar *hipotalamus* dari otak.

Proses spermatogenesis juga dibantu oleh hormon *testosteron*. Sperma yang sudah terbentuk di dalam testis seperti pada proses di atas, kemudian akan disalurkan ke bagian epididimis dan kemudian ke vas deferens, dan bercampur dengan sekret dari kelenjar prostat dan cowperi. Dari tempat itu kemudian dikeluarkan melalui uretra yang terdapat di dalam penis. Seperti yang sudah Anda ketahui, bahwa uretra juga merupakan saluran kencing sehingga mungkin akan timbul pertanyaan, apakah sperma ini keluar bersamaan air kencing? Jika hal



Perlu Diketahui

Seorang laki-laki dalam proses spermatogenesis dapat menghasilkan lebih dari 50 juta sel sperma.

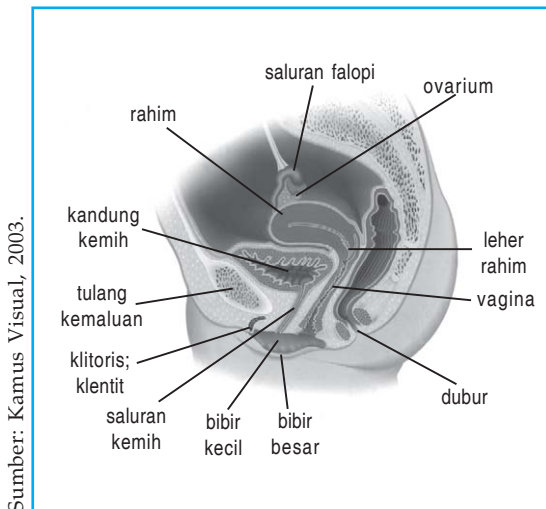
ini terjadi maka spermatozoa akan mati karena air kencing bersifat asam, sehingga hal ini tidak pernah terjadi. Ada pengaturan oleh saraf-saraf uretra untuk pembagian kedua tugas ini.

Ketika seorang laki-laki dan seorang wanita bersenggama (melakukan hubungan seksual) maka saraf akan mengontrol katup uretra agar tidak terbuka. Bahkan, sebelum terjadi ejakulasi, cairan basa dari kelenjar cowperi akan menetralkan sisa-sisa air kencing yang terdapat di dalam saluran tersebut.

B REPRODUKSI PADA WANITA

Anda telah mempelajari tentang alat-alat reproduksi pada laki-laki. Bagaimana dengan alat-alat reproduksi pada wanita? Pelajarilah uraian berikut dengan benar!

1. Alat Reproduksi Wanita



Gambar 9.5 Organ reproduksi wanita

Untuk lebih mengetahui dan memahami tentang struktur alat reproduksi pada wanita, cobalah perhatikan Gambar 9.5! Gambar itu memperlihatkan organ-organ reproduksi wanita. Organ reproduksi wanita di antaranya adalah sebagai berikut.

a. Organ Reproduksi Luar

Organ reproduksi luar wanita yaitu vulva. Vulva banyak disusun oleh jaringan lemak. Daerah ini disebut Mons pubis (*mons veneris*). Di bagian bawah dari *monspubis* terdapat suatu lipatan yang berjumlah sepasang yang disebut dengan *labium mayor*

(bibir besar). Pada bagian lebih dalam dari *labium mayor* terdapat pula lipatan yang kedua berjumlah sepasang yang disebut dengan *labium minor* (bibir kecil). Kedua lipatan ini berfungsi untuk melindungi vagina. Di bagian atas dari struktur labium ini terdapat *klitoris*, yang merupakan organ erektile pada wanita. Pada bagian ini terdapat *klitoris* yang banyak terdapat pembuluh darah dan ujung-ujung saraf perasa.

Saluran yang langsung berhubungan dengan vulva adalah uretra dan vagina.

b. Alat Reproduksi Dalam

Organ reproduksi dalam pada wanita terdiri atas bagian-bagian berikut.

1) Ovarium

Ovarium terletak di sebelah kiri dan kanan rahim. Bentuk ovarium lonjong dengan panjang 2 - 2,5 cm, lebar 1 - 1,5 cm, tebal 0,5 - 1,5 cm dan berat 15 gram. Umumnya sel telur diproduksi setiap 28 hari.

Sel telur yang dihasilkan oleh ovarium ini terbungkus dalam kantong yang disebut *folikel*. Sebelum memasuki masa usia subur, folikel dan sel telur terlihat seolah-olah mati. Seiring dengan bertambahnya usia maka akan bertambah besar dan fungsional dengan dirangsang oleh hormon FSH (*Folicle Stimulating Hormon*) dan LH (*Luteinizing Hormone*) yang berasal dari kelenjar hipofise di otak. Folikel akan semakin besar dan menghasilkan hormon estrogen dan progesteron yang akan merangsang untuk menghentikan produksi hormon FSH dan LH. Hormon estrogen dan progesteron akan mempengaruhi sifat-sifat pada wanita untuk menjadi dewasa.

Saat pertengahan terjadinya menstruasi, folikel semakin bertambah besar dan akhirnya pecah untuk mengeluarkan sel telur yang ada di dalamnya, yang disebut *ovulasi*.

Sebelum terjadinya kehamilan, hampir seluruh hormon estrogen dihasilkan oleh ovarium dan sebagian kecil kelenjar adrenal.

Setelah telur mengalami pematangan, selanjutnya akan disalurkan melewati *oviduk*. Oviduk ini merupakan saluran yang panjang menuju ke rahim. Oviduk disebut juga saluran *tuba fallopi*. Di dalam saluran inilah terjadi pembuahan antara sperma dan ovum. Di dalam sepanjang saluran tuba fallopi ini terdapat rambut-rambut getar atau cilia yang berfungsi untuk mendorong atau mempermudah jalannya zigot hasil pembuahan.

2) Uterus (rahim)

Uterus (rahim) merupakan suatu rongga pertemuan dari dua saluran tuba falopi bagian kiri dan kanan. Uterus berbentuk seperti buah pir. Bagian bawah dari uterus disebut *serviks* (leher rahim).

Jaringan yang menyusun uterus berupa otot polos dan lapisan endometrium (dinding rahim) yang tersusun dari epitel dan menghasilkan banyak lendir dan pembuluh darah. Ketika terjadi ovulasi, lapisan endometrium akan menebal, tetapi ketika menstruasi lapisan endometrium akan meluruh.

Fungsi *uterus* (rahim) ini adalah sebagai tempat menempelnya janin. Di sinilah janin akan tumbuh besar yang kemudian kehidupannya ditopang oleh *plasenta*. Plasenta akan mencukupi kebutuhan janin yang berupa O_2 dan makanan yang diperoleh dari ibunya.

3) Vagina

Organ reproduksi wanita yang lain yaitu *vagina*. Organ ini merupakan suatu saluran tempat berlangsungnya proses *kopulasi*, yaitu pertemuan antara dua alat kelamin. Vagina juga merupakan jalan keluar bayi apabila sudah siap dilahirkan.

Vagina bermuara pada vulva. Vagina terdiri atas bagian-bagian berikut.

a) Selaput lendir (membran mukosa)

Selaput lendir merupakan bagian terluar dari vagina yang dapat mensekresikan lendir pada saat terjadi rangsangan seksual. Lendir tersebut dihasilkan oleh *kelenjar bartholin*.

b) Jaringan otot

Vagina tersusun dari otot-otot polos yang dapat berkontraksi untuk memperlebar saluran dan uterus serta mengembalikan ke bentuk semula. Ini sangat penting dalam proses persalinan.

c) Jaringan ikat

Jaringan otot dan ikat ini juga sangat berperan dalam melebarkan uterus ketika janin akan dilahirkan. Pada saat janin sudah dilahirkan maka kedua jaringan ini akan mengembalikan uterus ke bentuk semula.

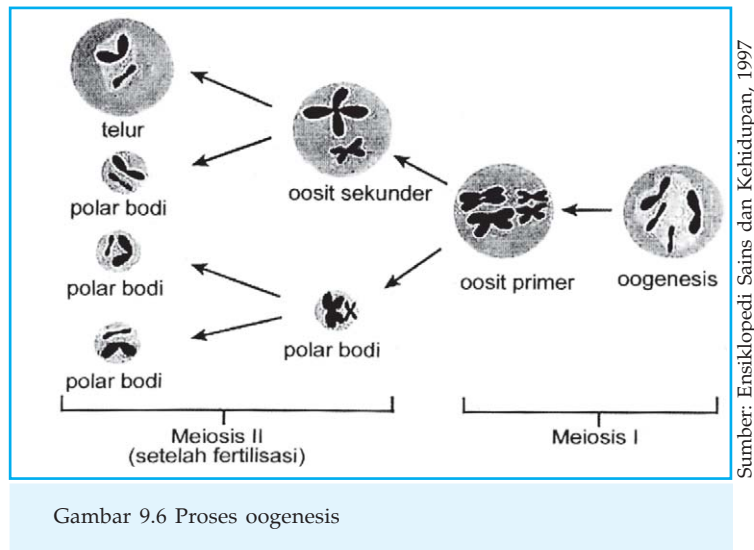
KEGIATAN KELOMPOK 2

- Tujuan** : Memahami struktur dan fungsi dari alat reproduksi wanita
- Alat dan Bahan** : 1. Gambar alat reproduksi wanita
2. Model alat reproduksi wanita
- Cara Kerja** :
1. Amatilah gambar atau alat reproduksi wanita
 2. Gambarlah bagian-bagiannya dan jelaskan fungsinya masing-masing!
Buatlah dalam bentuk tabel agar lebih jelas!
 3. Presentasikan hasilnya di depan kelas!

2. Pembentukan Sel Telur (Ovum)

Proses pembentukan sel telur disebut *oogenesis*, proses ini berlangsung di dalam ovarium (indung telur). Sel telur berasal dari sel induk telur yang disebut *oogonium*. Dalam *oogonium*, terkandung kromosom sebanyak 23 pasang. Sel-sel *oogonium* ini bersifat diploid. Di dalam ovarium ini, sel-sel *oogonium* membelah secara mitosis.

Pada proses oogenesis ini, oogonia akan berkembang menjadi oosit primer. Oosit primer masih memiliki kromosom yang sama dengan sel induknya, yaitu 23 pasang dan badan kutub I, kemudian oosit sekunder akan mengalami pembelahan lagi secara mitosis membentuk ootid dan badan kutub II. Selanjutnya ootid inilah yang akan berkembang menjadi ovum. Ovum yang dihasilkan dari proses ini hanya berjumlah satu. Agar bisa mengetahui dengan jelas proses tersebut, perhatikan Gambar 9.6!



Proses oogenesis ini diatur oleh hormon FSH (Follicle Stimulating Hormone), yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisis di dasar otak.

Fungsi hormon FSH adalah:

- mengatur proses pertumbuhan sel telur;
- menghasilkan hormon estrogen, hormon estrogen pada kadar tertentu dapat menghambat produksi hormon FSH;
- mempengaruhi sel-sel folikel yang berfungsi untuk memberi nutrisi pada sel telur.

3. Ovulasi

Bagaimana proses ovulasi terjadi? Sebelum menjawab pertanyaan tersebut, terlebih dahulu kita harus mengetahui pengertian proses ovulasi. *Ovulasi* adalah proses pelepasan sel telur. Proses ovulasi dipengaruhi oleh hormon, yaitu LH dan FSH. Kedua hormon ini dihasilkan oleh kelenjar hipofisis di dalam otak. Pada saat inilah seorang wanita dikatakan mengalami masa subur. Masa subur bagi seorang wanita tidak berlangsung setiap hari. Satu siklus menstruasi (haid) akan dimulai pada hari pertama setelah hari

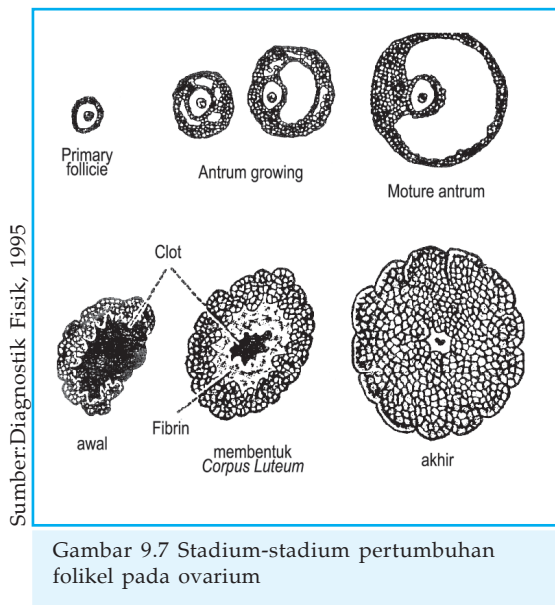
terakhir masa haid sebelumnya dan berakhir pada hari pertama masa haid berikutnya. Mulai pada hari pertama siklus ini sel telur bersama folikelnya akan mengalami pematangan. Lalu pada sekitar 13 - 15 hari sebelum hari pertama haid akan terjadi ovulasi.

Setelah sel telur masak, selanjutnya akan dikeluarkan dari ovarium. Dalam proses ini, sel telur berada di dalam folikel. Folikel dan dinding ovarium robek, akhirnya sel telur yang sudah matang akan keluar dan masuk ke dalam oviduk (tuba falopi) melalui *infundibulum*, yaitu bagian yang berbentuk seperti jari-jari. Telur yang telah dewasa ini akan masuk ke dalam saluran telur (tuba falopi) yang akan menghanyutkannya ke dalam rahim dengan cairan khusus. Sel telur dewasa ini baru akan dapat dibuahi dalam tempo 24 jam setelah dilepaskan oleh indung telur (ovarium) yaitu pada saat dalam perjalanan menuju rahim.

Setelah sel telur dilepaskan, maka sel folikel menjadi kosong. Sel ini kemudian akan berubah menjadi *korpus luteum*. Pembentukan korpus luteum ini didukung oleh LH. Terbentuknya korpus luteum akan memicu terbentuknya hormon estrogen dan progesteron.

4. Proses Terjadinya Menstruasi

Setiap bulan, seorang wanita normal yang sudah memasuki masa akil balig atau dewasa akan mengalami menstruasi. Pelajar wanita SMA kelas XI seperti Anda sebagian besar umumnya sudah mengalami peristiwa ini, sehingga Anda dapat menceritakan dan menjelaskan menstruasi sesuai pengalaman Anda.



Menstruasi terjadi karena sel telur yang dilepaskan folikel tidak dapat dibuahi oleh sel sperma. Seperti sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa setelah pelepasan sel telur, maka folikel akan kosong, selanjutnya akan membentuk korpus luteum yang berwarna kuning. Strukturnya dapat Anda perhatikan Gambar 9.6!

Korpus luteum ini akan memproduksi hormon progesteron. Hormon ini akan menyebabkan terjadinya penebalan dinding rahim atau *endometrium*, tetapi hormon ini akan mengalami penurunan

jumlah, kemudian korpus luteum akan *berdegenerasi*, yang diikuti peluruhan yang disebut dengan peristiwa menstruasi. Akibatnya, terjadi pendarahan yang disebut dengan peristiwa menstruasi. Menstruasi adalah peristiwa luruhnya sel telur yang tidak dibuahi yang sudah menjadi mati bersama-sama dengan selaput lendir dinding rahim yang merupakan lapisan yang kaya pembuluh darah.

Masa menstruasi berlangsung selama 2 - 7 hari. Setelah itu siklus yang baru akan dimulai. Diawali dengan pulihnya kembali dinding endometrium, selanjutnya FSH mulai dihasilkan lagi dan mempengaruhi pembentukan sel telur kembali. Kejadian seperti ini akan terjadi berulang-ulang, lalu berhenti untuk sementara waktu pada saat terjadinya kehamilan, lalu akan terjadi lagi setelah kelahiran.

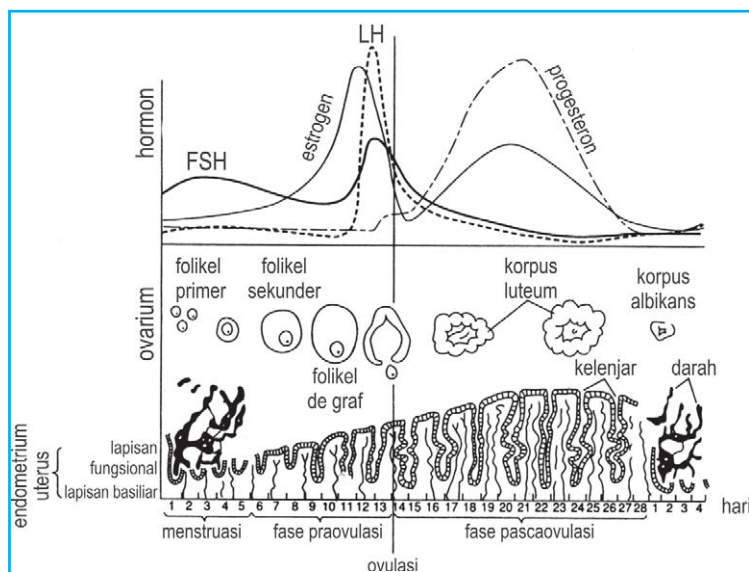
Mengapa seorang wanita yang sudah menopause (tidak mengalami haid lagi) tidak dapat menghasilkan sel telur? Hal ini terjadi karena semua oosit primer yang terbentuk akan mengalami deradasi.

Usia menopause berkisar antara 45-50 tahun ke atas. Pada saat itu banyak perubahan yang dialami oleh seorang wanita. Berbagai gejala terjadi, antara lain adalah mudah marah, mudah tersinggung, cemas, cepat letih, dan sulit bernapas. Pada satu di antara delapan wanita, gejala ini akan terjadi cukup parah sehingga perlu pengobatan secara medis.

Pada saat seorang wanita mengalami menopause dikatakan indung telurnya mengalami masa pensiun secara gen dan progesteron pun juga akan berhenti. Akibatnya akan terjadi beberapa hal pada wanita, antara lain dapat mengalami kecenderungan tulang keropos (*osteoporosis*). Selain itu, peluang untuk mendapat serangan jantung lebih besar. Berdasarkan hal ini berarti dapat kita ketahui bahwa indung telur tidak hanya sekedar pabrik penghasil sel-sel telur saja, tetapi lebih dari itu merupakan satu organ tubuh yang penting, walaupun seorang wanita dapat hidup namun tidak normal tanpa memiliki indung telur ini. Untuk memperjelas pengetahuan Anda tentang proses menstruasi, perhatikan Gambar 9.8!

✓ Perlu Diketahui

- Seorang wanita mengalami masa ovulasi setelah hari ke-13 sampai 15 dari hari mulainya menstruasi.
- Masa subur wanita berawal dari sejak dia mengalami menstruasi dan berakhir ketika dia mengalami menopause.



Gambar 9.8 Proses menstruasi

Sumber: Intisari Biologi, Hipokrates, 2003.

5. Fertilisasi

Fertilisasi adalah proses peleburan antara sel telur dengan spermatozoa. Bagaimana proses terjadinya fertilisasi? Ketika sel telur dilepaskan dari folikel di dalam ovarium, maka sel telur akan menuju ke *tuba fallopi* (saluran *oviduk*). Apabila pada keadaan tersebut terjadi hubungan seksual, maka spermatozoa akan dapat membuahi ovum dalam saluran tuba fallopi tersebut.

Spermatozoa akan bergerak dengan bantuan bagian ekornya. Pergerakan tersebut dapat mencapai 12 cm per jam di sepanjang tuba fallopi (saluran oviduk). Pergerakan spermatozoa dibantu juga oleh pergerakan dinding rahim dan dinding tuba fallopi. Mulut rahim juga mengeluarkan cairan atau lendir encer agar spermatozoa dapat berenang dengan lancar dalam rahim menuju saluran telur untuk menemui dan membuahi sel telur. Kejadian ini dapat digambarkan seperti seseorang yang berenang di sungai yang searah dengan arus sungai itu, sehingga perenang akan lebih cepat tiba di tempat tujuan. Di depan sudah dijelaskan bahwa prostaglandin yang terdapat di dalam semen dapat merangsang pergerakan dinding rahim.



Perlu Diketahui

Spermatozoa bergerak melintasi saluran tuba fallopi dengan kecepatan 12 cm per jam.

Ambil perbandingan gerakan ini dengan seorang dewasa yang berlari dengan kecepatan 80 km per jam, berat bukan?

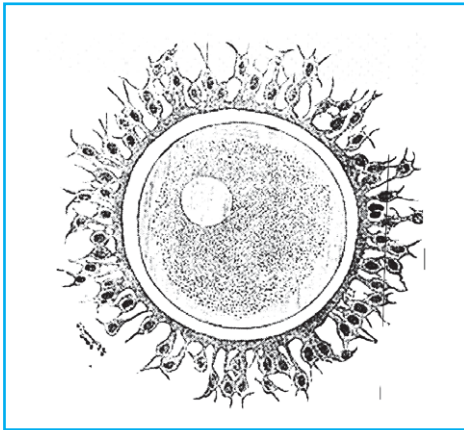
Untuk dapat membuahi sel telur, jumlah spermatozoa tidak boleh kurang dari 20 juta. Dari jumlah tersebut hanya satu yang akan membuahi sel telur, dan yang lain akan mati dan terserap oleh tubuh. Ibarat perlombaan, hanya satu yang akan menjadi pemenang, dan itulah yang akan membuahi sel telur.

Sesaat sebelum terjadinya fertilisasi, sperma melepaskan enzim pencernaan yang bernama *hialuronidase* yang bertujuan untuk melubangi protein penyelubung telur. Setelah dinding sel telur berlubang, maka sel sperma masuk ke dalam sel telur. Bagian yang masuk adalah kepala dan bagian tengah, sedangkan ekor dari sel sperma terputus dan tertinggal. Akhirnya, terjadilah pembuahan itu.

Dari pembuahan tersebut akan dihasilkan zigot yang bersifat diploid dan memiliki kromosom sebanyak 23 pasang atau 46 kromosom di antaranya 44 kromosom tubuh dan 2 kromosom kelamin. Di dalam 46 kromosom ini terdapat semua rumus untuk membentuk seorang manusia. Untuk mengetahui lebih jelas tentang proses fertilisasi, cermatilah Gambar 9.9!

Selanjutnya, zigot hasil pembuahan tersebut akan mengalami pembelahan secara mitosis. Sel akan langsung mengalami pembelahan ganda dari yang semula satu sel menjadi dua, lalu menjadi empat, delapan dan seterusnya. Pembelahan itu berlangsung di sepanjang saluran tuba falopi, sambil berjalan menuju uterus. Di sepanjang tuba falopi terdapat rambut-rambut getar yang selalu bergerak melambai ke arah rahim (uterus) yang berfungsi untuk memudahkan pergerakan zigot menuju rahim (uterus). Selama berjalan menuju rahim, zigot aktif membelah. Pada saat itu dibutuhkan makanan untuk menjamin kehidupannya. Sumber makanannya adalah kuning telur, yang menyediakan makanan selama perjalanan zigot sampai dapat tertanam di dalam rahim.

Apabila perjalanan yang dilakukan zigot normal, dalam waktu 6 hari zigot sudah tertanam di dalam dinding rahim. Tetapi pada kasus yang tidak normal, dapat terjadi pergerakan zigot di sepanjang tuba falopi terlalu lambat dan bahkan zigot terhambat, akhirnya akan tertanam di dinding tuba falopi. Keadaan ini sering disebut dengan istilah hamil di luar kandungan. Jika ini terjadi maka zigot tidak akan dapat tumbuh dengan normal, dan jika terjadi pertumbuhan pada zigot maka keadaan ini akan membahayakan ibunya,



Gambar 9.9 Sperma yang sedang membuahi ovum

Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

karena janin tersebut akan dapat memecahkan saluran tuba falopi. Semakin cepat kelainan ini diketahui semakin baik hasil penanggulangannya.

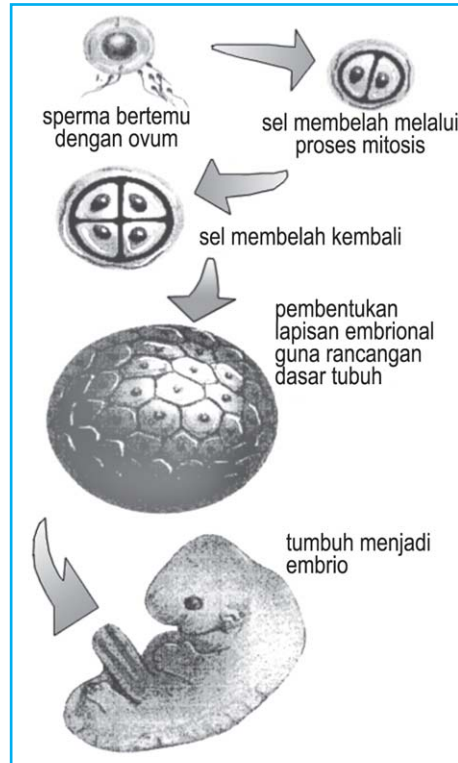
Tahap-tahap pembelahan zigot dimulai dari *morula*, kemudian berkembang menjadi *blastula*, selanjutnya blastula ini akan bergerak ke bagian rahim (uterus) dan sesampainya di rahim zigot yang aktif membelah akan mengebor lapisan lendir rahim dengan menggunakan enzim yang dapat melebur sel-sel pada lapisan tersebut. Proses pengeboran ini dapat terjadi selama 4 - 5 hari, kemudian blastula akan tertanam pada dinding rahim. Peristiwa ini disebut *implantasi*, yang terjadi setelah 1 minggu terjadinya fertilisasi. Pada saat ini, korpus iuteum menghasilkan hormon progesteron, yang berfungsi untuk merangsang pertumbuhan rahim.

Setelah terjadi perlekatan zigot di dalam dinding rahim, hormon estrogen dan progesteron mengatur agar menstruasi tidak terjadi.

Blastula meneruskan pembelahan secara terus-menerus yang menghasilkan gastrula, kemudian menjadi embrio dan akhirnya embrio akan berkembang menjadi janin di dalam rahim. Proses perkembangan embrio dapat Anda lihat pada Gambar 9.10! Dari Gambar 9.10 terlihat fase yang terjadi meliputi fase morula, blastula, gastrula, dan embrio. Coba ingat kembali pelajaran yang lalu di SMP, macam-macam fase-fase tersebut!

Pada proses awal pembentukan zigot sampai tertanamnya di dalam rahim merupakan masa kritis, artinya kesalahan kecil sekalipun dapat berakibat fatal. Semua sistem terkait harus berjalan dengan tepat demi kelangsungan hidup sel-sel janin tersebut. Setelah menemukan tempat tinggal yang aman dalam dinding rahim, janin tersebut selanjutnya akan dihidupi oleh cairan khusus yang dihasilkan dinding rahim.

Dari penjelasan ini Anda akan memahami proses terjadinya kehamilan. Coba analisislah kasus-kasus yang terjadi di masyarakat, penyebab seseorang tidak dapat mempunyai keturunan. Organ apa yang mengalami gangguan dan bagaimana solusinya! Coba jelaskan pula bagaimana bayi tabung dapat



Sumber: Ensiklopedi Sains dan Kehidupan, 1997

Gambar 9.10 Fase embriologi

ditumbuhkan? Apa perbedaan bayi tabung dengan kehamilan yang normal? Mintalah petunjuk dari guru Biologi dan diskusikan dengan teman-teman Anda.

• TUGAS KELOMPOK

Bentuklah kelompok yang beranggotakan 3 orang. Kemudian diskusikan materi di bawah ini!

Pada saat ini banyak sekali ditemukan teknologi pembuahan antara lain dengan inseminasi dan bayi tabung. Carilah literatur yang mendukung tentang hal ini dari buku atau sumber lain, bila perlu carilah di internet. Buatlah catatan dari hasil diskusi ini!

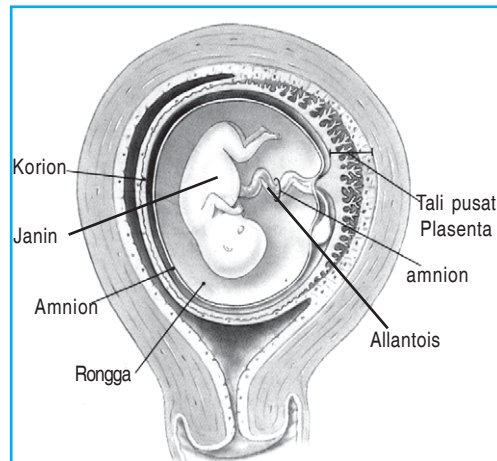
6. Kehamilan

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa setelah terbentuknya zigot, maka zigot akan membelah terus untuk membentuk embrio yang kemudian tertanam di dalam rahim. Sewaktu berada di dalam rahim, embrio ini juga selalu membelah dan mengalami perkembangan untuk membentuk janin (*fetus*). Tingkat perkembangan tersebut dapat dilihat pada urutan Gambar 9.11!

Jika Anda perhatikan akan terlihat sebenarnya pada tahap awal, bentuk embrio manusia tidak jauh berbeda dari bentuk embrio hewan vertebrata lain, yaitu mirip kecebong yang memiliki panjangnya 5 mm.

Tahap blastulasi terjadi pada minggu pertama setelah fertilisasi. Pada saat ini embrio masih sangat kecil. Walaupun dalam kurun waktu itu ia telah terdiri atas ratusan sel-sel kecil yang berkumpul membentuk bola kecil yang berukuran hampir sama dengan kepala jarum pentul.

Pada proses pembentukan blastula, sel-sel membelah dengan cepat dan terjadi migrasi sel di dalam embrio, yang membentuk dua bagian utama, yaitu embrio yang nantinya berkembang menjadi janin dan membran ekstra embrio yang nantinya membentuk plasenta, amnion, dan tali pusat. Ketiga bagian ini berfungsi untuk menunjang kehidupan janin, antara lain:

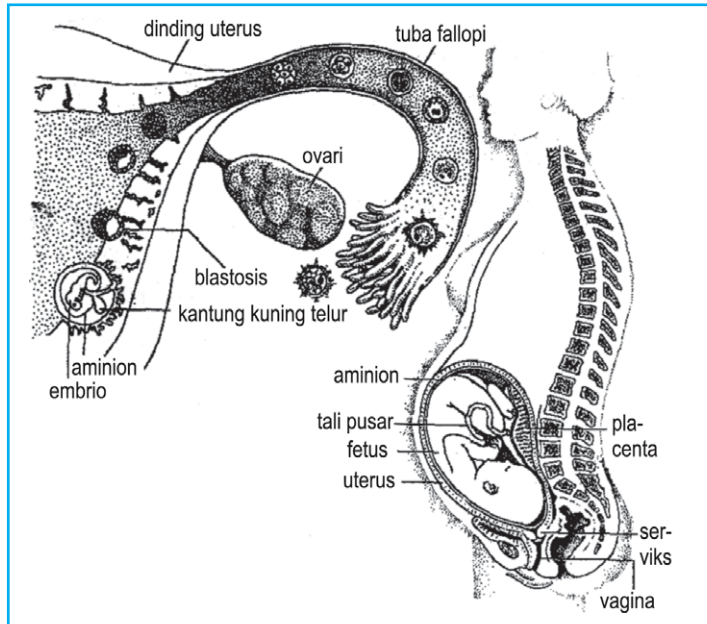


Sumber: Essentials of Anatomy & Physiology, 2002

Gambar 9.11 Selaput pembungkus janin.

- untuk memberikan nutrisi,
- pertukaran gas, dan
- menahan guncangan.

Perhatikan hubungan dan sirkulasi antara ibu dengan janin yang terdapat pada Gambar 9.12!



Sumber: Biologi 2, Kimball., 1999

Gambar 9.12 Janin dalam kandungan

Plasenta juga dapat menghasilkan hormon-hormon tertentu, antara lain mengatur hormon kelenjar dan relaksin yang berfungsi untuk fleksibilitas simfisis pubis dan organ-organ lain di daerah tersebut sehingga mempermudah kelahiran.

Setelah itu, dilanjutkan dengan proses gastrulasi yang terjadi pada minggu ke-3. Pada proses gastrulasi, jaringan sudah membentuk 3 lapisan, yaitu lapisan *ektodermis*, *mesodermis*, dan *endodermis*.

Ketiga lapisan jaringan tersebut akan mengalami diferensiasi dan spesialisasi membentuk organ dan sistem organ.

- Lapisan *ekstroderm* akan membentuk organ-organ seperti saraf, hidung, mata, kelenjar kulit dan berkembang menjadi jaringan epidermis.
- Lapisan *mesoderm* akan berkembang membentuk organ ginjal, limpa, kelenjar kelamin, jantung, pembuluh darah, getah bening, tulang dan otot.

- c. Lapisan *endoderm* akan membentuk organ hati, pankreas, saluran pencernaan, saluran pernapasan, kelenjar gondok, dan anak gondok .

Fase itu disebut fase *organogenesis*. Fase ini terjadi pada minggu ke-4 s.d. minggu ke-8. Jadi apakah yang dimaksud fase organogenesis? Coba rumuskan!

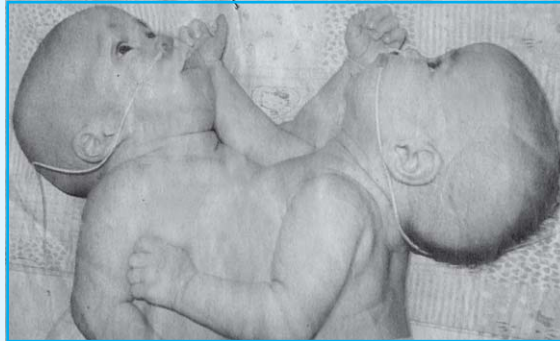
Pada saat janin berusia 14 minggu, organ sudah terbentuk lengkap. Janin terus mengalami pertumbuhan dan penyempurnaan pada bagian-bagian organ tubuhnya, hingga usia 9 bulan 10 hari sebagai usia yang normal bagi bayi untuk dilahirkan. Kadar hormon estrogen pada seorang wanita yang hamil sedikit. Hormon estrogen ini akan membantu kontraksi uterus. Selain itu, dihasilkan pula hormon oksitosin yang fungsinya sama seperti estrogen. Untuk dapat memahami proses-proses perkembangan janin selama kehamilan perhatikan Tabel 9.1!

Tabel 9.1 Usia dan Perkembangan Janin

Usia Janin	Perkembangan
Antara minggu ke 1–3.	Ukuran dan bentuk berkembang sesuai perkembangan usianya. Bakal bayi tampak seperti tanda baca yang memiliki kepala dan ekor. Sekitar minggu ke-3 sel darah merah mulai dibentuk oleh lapisan ari-ari. Pada minggu ke-4 pembentukan sel darah ini dialihkan ke lapisan permukaan rongga pembuluh darahnya yang disebut endotel. Selanjutnya tugas ini diambil alih oleh hati pada minggu ke-6 dan oleh limpa kecil serta jaringan lainnya yang serupa pada bulan ke-3.
Antara minggu ke 4–5	Semua organ tubuh embrio telah tercetak walaupun masih dalam bentuk kasar. Dalam tempo 1 atau 2 bulan hampir seluruh rincian organ tubuh telah terbentuk. Tunas kaki dan tangan telah menonjol dan lekuk raut wajah mulai kelihatan. Wujud kepala mulai nyata. Mata dan bakal telinga mulai terbentuk. Otak mulai berkembang, jantung juga berkembang. Awalnya mempunyai struktur sederhana berupa tonjolan yang timbul dari bagian yang nantinya akan berkembang menjadi tenggorokan, walaupun sebenarnya janin tidak bisa bernapas secara langsung dengan paru-paru karena berada di dalam air ketuban. Saluran pencernaan juga berkembang. Bagian yang terbentuk lebih dulu adalah kerongkongan, lambung, dan usus. Wujud bahu mulai jelas. Dua hari kemudian jemari tangan mulai tumbuh yang diikuti ibu jari pada hari ke-36. Hari berikutnya hidung dan telinga mulai dapat memberikan ciri-ciri khas. Saraf dan otot mulai berkembang dengan pesat. Organ ginjal mengalami perkembangan, ginjal

Usia Janin	Perkembangan
	<p>mengalami 3 bentuk/perkembangan. Pada minggu ke-4 - 6 ginjal terbentuk sangat sederhana yang disebut pronefros. Kemudian pada bulan berikutnya ginjal pertama ini akan melebur lalu digantikan oleh pasangan ginjal berikutnya yang disebut mesonefros. Ginjal ini berfungsi pada minggu ke-7 dan hanya satu minggu saja. Setelah itu melebur, lalu menghilang. Bakal bayi berukuran sebesar kacang merah. Jemari terbentuk.</p> <p>Kepala membesar seiring dengan pembesaran otak. Lengan dan tangan lebih cepat terbentuk daripada kaki. Kedua pasang anggota tubuh ini akan mulai bergerak walaupun belum dapat dirasakan oleh si ibu.</p> <p>Setelah minggu ke-5 kelompok mata mulai berkembang, lambat laun menutupi mata yang sementara ini sedang mengalami perkembangan.</p> <p>Saluran pencernaan berkembang lebih lanjut untuk membentuk lambung, usus kecil, usus besar.</p> <p>Hati, kantung empedu, dan pankreas juga akan terbentuk, kemudian masing-masing berkembang terus untuk membentuk wujud akhir pada bulan-bulan berikutnya.</p> <p>Lambung akan memiliki wujud akhir pada minggu ke-8. Proses pencernaan makanan yang berasal dari air ketuban menghasilkan kotoran berwarna hijau yang disebut mekonium. Kotoran janin ini dikeluarkan oleh janin ke dalam air ketuban, sehingga bisa mencemarinya. Walaupun demikian, air ketuban tetap steril karena kotoran tersebut steril. Kotoran ini juga ada yang terkumpul dalam saluran pencernaan lalu nantinya dikeluarkan pada hari-hari pertama setelah kelahiran.</p>
Antara minggu ke 2– 3	<p>Terbentuk ginjal sejati. Ginjal ini sudah mampu menghasilkan air kencing lalu membuang keluar tubuh. Tetapi air kencing tersebut steril sehingga tidak mencemari air ketuban.</p> <p>Pada bulan ke-3 kuku jemari tangan dan kaki mulai terbentuk. Kuku dapat tumbuh panjang sehingga ada saja bayi yang lahir dengan bekas cakaran pada wajahnya. Permukaan telapak tangan dan kaki akan ditumbuhi bulu halus. Bulu mata dan kumis juga tumbuh saat ini.</p> <p>Bulan ke-3 dan seterusnya terjadi tahap penyempurnaan di sana sini. Bibir akan terbentuk, pipi mulai menebal, puting pengecap lidah mulai terbentuk, dan kelenjar air liur.</p> <p>Alat kelamin telah mulai memiliki wujud sehingga dapat dikenali apakah janin laki-laki atau perempuan. Kandung telur janin perempuan akan mulai memproduksi cikal bakal sel telur dan buah pelir janin laki-laki akan mulai membuat cikal bakal sperma.</p>

TUGAS INDIVIDU



Sumber: Kompas, Mei 2007

Coba Anda perhatikan gambar di atas!

Apa yang Anda ketahui dari gambar tersebut?

Mengapa kasus tersebut terjadi? Bagaimana jika kasusnya berupa bayi kembar yang terpisah?

Tulislah jawabanmu di buku tugas kemudian presentasikan di depan kelas!

7. Air Susu Ibu/Asi

Air susu ibu dihasilkan oleh kelenjar susu pada payudara seorang wanita yang dapat memproduksi, biasanya dihasilkan setelah kehamilan tua atau setelah melahirkan.

a. Struktur dan Fisiologi Payudara

Semua mamalia memiliki kelenjar *mammæ*. Payudara manusia berbentuk kerucut, dan memanjang dari iga kedua atau ketiga sampai iga keenam atau ketujuh.

Payudara mempunyai jaringan kelenjar, duktus, jaringan buluh limfe. Jaringan kelenjarnya terdiri atas 15-25 *lobus*, masing-masing bermuara ke dalam duktus ekskretorius tersendiri yang berakhir di puting susu. Tiap duktus melebar ketika memasuki basis puting susu untuk membentuk sinus susu. Sinus ini berfungsi sebagai reservoir susu selama masa menyusui. Tiap lobus dibagi lagi menjadi 50-75 *lobulus* yang bermuara ke dalam suatu duktus yang mengalirkan isinya ke dalam duktus ekskretorius lobus itu.

Puting susu dan areola mengandung otot polos yang berfungsi menyempitkan areola dan menekan puting susu. Kontraksi otot polos membuat puting susu tegak dan keras, dengan demikian akan mempermudah pengosongan sinus susu.

Kulit puting susu dan areola berpigmen banyak dan tidak berambut, tetapi kadang-kadang ditemui pada areola mengandung folikel rambut.

Perubahan fisiologis pada payudara disebabkan oleh faktor-faktor berikut.

- 1) Pertumbuhan dan proses penuaan.
- 2) Daur haid.
- 3) Kehamilan

Pada masa kehamilan, payudara wanita menjadi lebih penuh dan keras. Areola lebih gelap dan puting susu menegang ketika membesar. Ketika memasuki trisemester ketiga akan timbul kresi kekuning-kuningan yang disebut kolostrum. Setelah lahirnya anak, jika ibu tersebut menyusui dalam 24 jam, sekresi kolostrum berhenti dan mulai timbul sekresi air susu ibu (ASI). Selama menyusui, payudara membesar. Proses kendali neuroendokrin payudara dapat diuraikan sebagai berikut.

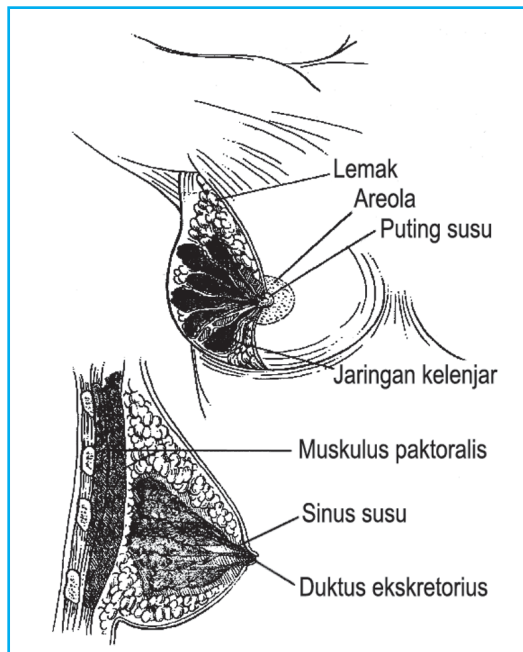
Menyusui menimbulkan impuls saraf yang berjalan ke hipotalamus. Hipotalamus merangsang hipofisis anterior untuk mensekresikan prolaktin, yang bekerja pada jaringan kelenjar payudara untuk menghasilkan air susu. Hipotalamus juga merangsang hipofisis posterior untuk menghasilkan oksitosin yang merangsang sel-sel otot di sekitar jaringan kelenjar untuk berkontraksi dan mendorong air susu masuk ke dalam sistem duktus.

Agar lebih jelas memahami struktur payudara, perhatikan Gambar 9.13!

Payudara bisa mengalami kelainan, di antaranya, tumor payudara, kista, dan kanker payudara. Karena payudara merupakan jaringan lunak sehingga kemungkinan terjadi kelainan tersebut lebih besar daripada organ tubuh yang lain.

b. Manfaat Air Susu Ibu (ASI)

Pada proses kehamilan yang normal, setelah janin berusia 9 bulan 10 hari, akan dilahirkan. Setelah lahir, bayi akan memasuki masa pertumbuhan pasca kelahiran.



Gambar 9.13 Struktur payudara

Ketika baru saja dilahirkan, bayi sudah memerlukan makanan, akan tetapi tidak setiap makanan bisa diberikan pada bayi, sebab bayi membutuhkan makanan khusus dan makanan itu sudah disediakan oleh ibunya, yakni (ASI)air susu ibu.

Air susu ibu (ASI) mempunyai peranan yang penting bagi seorang bayi, yaitu untuk menjaga kesehatan dan mempertahankan kelangsungan hidup bayi. Ketika seorang bayi berusia di bawah 4 bulan, mereka belum diberikan makanan tambahan, karena pencernaannya masih halus sekali sehingga bayi hanya memerlukan makanan khusus yang berbentuk cair, yaitu susu.

ASI mengandung zat gizi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan sangat sesuai dengan pencernaan bayi. Keutamaan ASI lainnya adalah bebas bakteri dan dapat memberikan kekebalan pasif pada bayi, serta dapat mengurangi resiko bayi terkena infeksi.

Pemberian ASI saja pada bayi yang berumur di bawah 4 tahun ini disebut pemberian ASI eksklusif. Ini merupakan salah satu cara untuk mencapai sasaran kesejahteraan ibu dan anak. Tetapi dalam praktiknya ternyata di Indonesia pada saat ini perilaku pemberian ASI eksklusif belum seperti yang diharapkan, padahal pemerintah sudah mencanangkan program pemberian ASI eksklusif sejak tahun 1990. Faktor-faktor yang menyebabkan seorang ibu kurang bisa memberikan ASI terhadap bayinya, antara lain karena kesibukan kerja, hilangnya kepercayaan diri, kurangnya penerangan, dan sosialisasi.



Perlu Diketahui

Tidak setiap ibu yang baru saja melahirkan bayi bisa menghasilkan ASI. Pada kasus ini, bayi tentu saja tetap harus diberikan makanan khusus, yaitu susu formula. Susu formula ini mengandung berbagai zat gizi yang diperlukan untuk pertumbuhan bayi. Akan tetapi, dalam ASI terdapat zat *kolostrom* yang tidak terkandung dalam susu formula. Zat ini sangat berguna untuk kekebalan bayi terhadap penyakit. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa ASI adalah makanan terbaik bagi bayi.

C

KELAINAN YANG TERJADI PADA ORGAN REPRODUKSI

Kelainan organ reproduksi biasanya menyebabkan ketidakmampuan hamil/*infertilitas*. Sekitar 10% dari pasangan hasil perkawinan mempunyai problem ini. Hampir 30% *infertilitas* ini disebabkan faktor pria.

Beberapa jenis kelainan yang terjadi pada sistem reproduksi adalah sebagai berikut.

1. Penyempitan Saluran Telur/Oviduk

Kelainan ini merupakan faktor bawaan, tetapi adapula yang disebabkan karena infeksi kuman tertentu. Saluran oviduk yang sempit akan membuat sperma sulit untuk menjangkau bagian dalam saluran tersebut, sehingga menyebabkan pembuahan sulit terjadi.

2. Mandul (Infertilitas)

Mandul dapat terjadi pada laki-laki maupun perempuan. Mandul berarti seorang laki-laki atau wanita tidak dapat memproduksi sel-sel sperma maupun ovum. Faktor paling besar dipengaruhi oleh gangguan hormon reproduksi.

3. Impotensi

Kelainan ini dialami oleh laki-laki, yaitu suatu keadaan penis yang tidak dapat melakukan *ereksi* (tegang), sehingga sulit untuk melakukan *kopulasi* (fertilisasi). Biasanya impotensi disebabkan oleh faktor hormonal, yaitu terhambatnya fungsi hormon reproduksi, bisa juga disebabkan oleh faktor psikologis atau emosional seseorang.

4. Kanker Cerviks (Mulut Rahim)

Gangguan ini dialami oleh wanita. Penyakit ini dapat disebabkan oleh virus atau bakteri dan biasanya menyerang seorang wanita usia 45 ke atas. Pada mereka persentase terbesar penyakit kanker adalah kanker cerviks

5. Kanker Payudara

Penyakit ini juga rentan menyerang wanita. Seorang wanita yang tidak pernah menyusui besar kemungkinan dapat menderita penyakit ini.

6. Sifilis

Sifilis disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*, penyakit ini dapat ditularkan melalui hubungan seksual, transfusi darah, atau luka mikroskopis.

7. Herpes simplex

Penyakit ini disebabkan karena virus *herpes simplex tipe II* yang menyerang kulit di daerah alat reproduksi luar. Gejala penyakit ini adalah gatal-gatal, kemerahan di kulit, pedih dan timbul beberapa lepuh kecil, yang kemudian menjadi keruh dan pecah.

8. Endometriosis

Endometriosis merupakan kelainan, antara lain yaitu terdapatnya jaringan endometrium di luar rahim. Gejalanya ketika menstruasi terasa nyeri. Rasa nyeri ini disebabkan pengelupasan jaringan endometriosis.

RANGKUMAN

1. Alat reproduksi manusia terdiri atas alat reproduksi laki-laki dan perempuan.
2. Alat reproduksi laki-laki terdiri atas *testis*, *epididimis*, *vasdeferens*, *ductus ejakularis*, dan *penis*.
3. Proses pembentukan sperma disebut *spermatogenesis* dan dipengaruhi oleh *FSH*, *LH*, dan *testosteron*.
4. Pembentukan *FSH* dan *LH* dikendalikan oleh *hormon gonadotropin*.
5. Alat reproduksi pada wanita terdiri atas *ovarium*, *oviduk*, *rahim*, *vagina*, dan *vulva*.
6. Proses pembentukan ovum disebut *oogenesis* dan dipengaruhi oleh *FSH* yang dihasilkan oleh kelenjar hipostasis.
7. Pada saatnya, ovum yang matang akan dilepaskan dari ovarium, yang disebut dengan proses *ovulasi* dan proses ini akan dipengaruhi oleh *LH* dan *FSH*.

I. Pilihlah jawaban y ang paling benar!

1. Pembentukan ovum pada wanita disebut
 - a. spermatogenesis
 - b. oogenesis
 - c. ovulasi
 - d. meiosis
 - e. mitosis
2. Fertilasi adalah
 - a. pergerakan sel telur dalam saluran tuba falopi
 - b. pembuahan sel telur oleh sperma
 - c. pembentukan sel telur oleh folikel
 - d. pelepasan sel telur dari ovarium
 - e. pembentukan folikel awal
3. Pembentukan sel sperma disebut
 - a. spermatogenesis
 - b. oogenesis
 - c. ovulasi
 - d. meiosis
 - e. mitosis
4. Pematangan sel telur dalam folikel dipengaruhi oleh
 - a. LH
 - b. LTH
 - c. FSH
 - d. estrogen
 - e. progesteron
5. Sperma yang matang disimpan dalam
 - a. uretra
 - b. epididimis
 - c. saluran prostat
 - d. tubulus semiferus
 - e. vas deferens

6. Pubertas pada seorang anak laki-laki dipengaruhi oleh hormon
 - a. tiroksin
 - b. testosteron
 - c. adrenalin
 - d. somatotropin
 - e. progesteron
7. Hormon yang dihasilkan oleh *korpus luteum* adalah
 - a. prolaktin
 - b. progesteron
 - c. oksitosin
 - d. LH
 - e. FSH
8. Pada peristiwa implantasi, yang tertanam pada endometrium dalam bentuk
 - a. janin
 - b. zigot
 - c. morula
 - d. blastula
 - e. gastrula
9. Organ wanita yang berfungsi sebagai tempat pertumbuhan dan perkembangan janin adalah
 - a. uterus
 - b. ovarium
 - c. ovulasi
 - d. serviks
 - e. fimbriae
10. Hormon wanita yang mempengaruhi menstruasi secara periodik adalah
 - a. estrogen dan FSH
 - b. estrogen dan progesteron
 - c. LH dan FSH
 - d. progesteron dan oksitosin
 - e. progesteron dan LH

11. Terhentinya kemampuan seorang wanita untuk melepaskan ovum disebut
 - a. ovulasi
 - b. obumasi
 - c. kopulasi
 - d. menopause
 - e. menstruasi
12. Hormon pada proses kehamilan yang berperan mengatur dinding uterus agar siap menerima implantasi zigot adalah
 - a. oksitosin
 - b. LH dan FSH
 - c. prolaktin
 - d. oksitosin dan prolaktin
 - e. estrogen dan progesteron
13. Fungsi hormon relaksin pada proses kehamilan adalah
 - a. mempengaruhi kelenjar susu
 - b. menggantikan korpus luteum
 - c. mengatur dinding uterus agar siap menerima implantasi zigot
 - d. merangsang pertumbuhan organ kelamin dan perkembangan ciri-ciri kelamin sekunder
 - e. mempengaruhi fleksibilitas organ-organ di sekitar kelamin sehingga mempermudah proses kelahiran
14. Urutan perkembangan zigot yang benar sebelum implantasi adalah
 - a. morula-blastula-gastrula
 - b. gastrula-morula-blastula
 - c. blastula-gastrula-morula
 - d. morula-gastrula-blastula
 - e. blastula-morula-gastrula
15. Fase yang menunjukkan folikel berkembang menjadi folikel de graaf yang masak dan merangsang pengeluaran LH disebut sebagai fase
 - a. folikel
 - b. luteal
 - c. pasca ovulasi
 - d. menstruasi
 - e. ovulasi

II. Jawablah pertanyaan berikut ini dengan benar!

1. Bagaimanakah terjadinya menstruasi pada seorang wanita?
2. Sebutkan hormon-hormon yang berpengaruh terhadap proses spermatogenesis, oogenesis, dan ovulasi!
3. Apakah yang dimaksud dengan menopause?
4. Jelaskan yang dimaksud masa subur!
5. Mengapa seorang wanita hamil tidak mengalami menstruasi?

UJI KOMPETENSI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Organ apa saja yang menyusun sistem reproduksi pada seorang laki-laki dan perempuan? Sebutkan dan jelaskan fungsinya masing-masing!
2. Tindakan atau saran apakah yang paling bijak untuk diberikan kepada pasangan calon pengantin berkaitan dengan riwayat keluarganya yang mengalami kesulitan mendapatkan keturunan?
3. Bagaimanakah terjadinya proses kehamilan? Jelaskan dengan singkat!
4. Apakah yang dimaksud dengan bayi tabung? Menurut Anda bagaimana perkembangan bayi tabung di Indonesia dikaitkan dengan minat dan keberhasilan program tersebut?
5. Sekarang ini banyak ditemui kasus bayi kembar siam. Jika dikaitkan dengan proses fertilisasi dan pembentukan janin pada saat kehamilan, bagaimana dapat terbentuk bayi kembar siam tersebut? Apa penyebab terbentuknya bayi kembar siam ini?

ULANGAN BLOK 2

I. Pilihlah jawaban yang paling benar!

1. Indikasi bahwa suatu makanan mengandung karbohidrat, yaitu apabila bahan makanan tersebut ditetesi larutan yodium akan berwarna
 - a. merah
 - b. oranye
 - c. merah bata
 - d. kuning
 - e. ungu
2. Bahan makanan yang mengalami pencernaan sejak di mulut adalah
 - a. karbohidrat
 - b. protein
 - c. lemak
 - d. vitamin
 - e. mineral
3. Gerakan pernapasan pada tubuh manusia diatur oleh pusat pernapasan yang ada di otak. Rangsangan yang mengatur gerak pernapasan itu adalah
 - a. H_2O dalam darah
 - b. kadar O_2
 - c. kadar Hb dalam darah
 - d. kadar CO_2 di dalam darah
 - e. Fe dalam sel darah merah
4. Seorang atlet renang dapat bertahan cukup lama di dalam air selama berenang. Hal ini menunjukkan bahwa atlet tersebut memiliki
 - a. kapasitas vital paru-paru besar
 - b. udara cadangan paru-paru besar
 - c. udara residu paru-paru yang sangat besar
 - d. volume tidal yang sangat besar
 - e. kapasitas inspirasi besar

5. Di bawah hormon yang berperan dalam produksi urin adalah
 - a. adrenalin
 - b. androgen
 - c. antidiuretik
 - d. protein
 - e. ureum
6. Zat di bawah ini yang kadarnya dalam urin tinggi adalah
 - a. ion natrium
 - b. asam amino
 - c. glukosa
 - d. protein
 - e. ureum
7. Sel saraf yang sifatnya membawa rangsang dari alat-alat panca - indra ke pusat saraf disebut
 - a. neuron
 - b. motori
 - c. sensori
 - d. sensibel
 - e. ganglia
8. Kretinisme adalah suatu cacat tubuh yang disebabkan penderita kekurangan
 - a. tiroksin
 - b. somatotropika
 - c. paratiroid
 - d. hipofisis
 - e. prolaktin
9. Tempat pematangan dan penyimpanan spermatozoa adalah
 - a. uretra
 - b. vas deferens
 - c. vesikula seminalis
 - d. epididimis
 - e. kelenjar prostat

10. FSH pada perempuan berfungsi merangsang
- a. perkembangan folikel telur dan produksi estrogen.
 - b. terjadi nya ovulasi dan produksi progesterone
 - c. produksi estrogen dan progesterone.
 - d. terjadinya ovulasi dan perkembangan folikel telur.
 - e. terjadinya ovulasi dan produk estrogen.

II. Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Sebutkan enzim yang dihasilkan oleh lambung disertai dengan fungsinya!
2. Mengapa dinding usus halus berlipat!
3. Apakah yang dimaksud dengan kapasitas vital paru-paru?
4. Apakah perbedaan antara pernapasan dada dan perut?
5. Bagaimanakah terbentuknya urin sekunder!
6. Sebutkan alat ekskresi pada manusia beserta dengan zat sisa yang dikeluarkan!
7. Sebutkan tiga macam sel saraf dan jelaskan fungsinya!
8. Jelaskan mekanisme terjadinya gerak refleks!
9. Apakah fungsi ovarium dan testis?
10. Mengapa apabila terjadi implantasi embrio atau kehamilan maka menstruasi tidak akan terjadi?

BIOLOGI

Makhluk Hidup dan Lingkungannya

SMA/MA

Kehadiran buku pelajaran (*textbook*) saat ini dianggap penting dalam proses pembelajaran di sekolah. Buku pelajaran merupakan salah satu komponen dalam pembelajaran. Buku pelajaran yang baik akan menjadi komponen yang sangat menentukan kualitas pembelajaran serta hasil pembelajaran yang dicapai.

Buku ini diharapkan dapat memberikan kontribusi semacam itu. Buku pelajaran biologi ini disusun dengan mempertimbangkan aspek-aspek pembelajaran biologi untuk SMA/MA sehingga diharapkan menjadi komponen penting yang dapat membantu siswa mencapai tujuan pembelajaran biologi, seperti menyadari keindahan alam dan mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa, mempunyai sikap ilmiah (jujur, objektif, terbuka, ulet, dan kritis), mampu menerapkan konsep biologi untuk menghasilkan karya teknologi sederhana yang dibutuhkan manusia, serta berperan aktif dalam menjaga kelestarian lingkungan alam.

Buku ini diharapkan bisa berperan dalam proses pembelajaran biologi karena memiliki beberapa kelebihan sebagai berikut.

1. Penyajian diawali dengan tujuan pembelajaran yang jelas, diikuti dengan contoh kontekstual yang dikemas dengan bahasa komunikatif serta gaya dialogis dan interaktif sehingga akan memotivasi siswa untuk belajar.
2. Materi, selain disajikan lengkap sesuai dengan muatan kurikulum pendidikan yang berlaku, juga disampaikan secara tidak kering dan kaya nuansa, dengan memberikan informasi populer seputar masalah biologi. Materi juga disajikan dengan memperhatikan kelengkapan antara aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik sehingga dapat memberikan kompetensi yang lebih komplet dan menyeluruh kepada siswa.
3. Diberikan kegiatan dan tugas (baik individu maupun kelompok) yang berorientasi praktik dan aplikasi sehingga akan memberikan pengalaman belajar yang bermakna kepada siswa dalam usaha menguasai kompetensi.
4. Pada buku ini disertakan pula soal-soal latihan dan uji kompetensi sehingga baik guru maupun siswa dapat melakukan pengukuran terhadap penguasaan materi dan kompetensi dari hasil pembelajaran tiap bab. ■

ISBN 978-979-068-129-3 (no jld lengkap)

ISBN 978-979-068-133-0

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juli 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp19.734,-